

# 具隔离式电源的 隔离型 USB 收发器

## 特点

- 隔离型 USB 收发器：2500V<sub>RMS</sub> (持续 1 分钟)
- 可兼容 USB 2.0 全速和低速规格
- 集成化隔离型 DC/DC 转换器，采用外部供电或总线供电
- 自动配置总线速度
- 可从外部输入电源 ( $V_{CC} = 8.6V$  至  $16.5V$ ) 提供 2.5W (500mA/5V) 输出功率
- 可从 USB 总线电源 ( $V_{BUS}$ ) 提供 1W (200mA/5V) 输出功率
- 3.3V LDO 输出电源信号基准  $V_{LO}$ ， $V_{LO2}$
- 可承受高共模瞬变：30kV/ $\mu$ s
- ESD：可在 USB 接口引脚上提供  $\pm 15kV$  HBM
- 15mm x 15mm x 5mm 表面贴装型 BGA 封装

## 应用

- 隔离型 USB 接口
- 主机、集线器或设备隔离
- 工业 / 医疗数据采集

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear 标识和  $\mu$ Module 是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

## 描述

LTM<sup>®</sup>2884 是一款完整的隔离型  $\mu$ Module<sup>®</sup> (微型模块) 收发器，可兼容 USB 2.0 规格。一个上游电源通过一个集成的隔离型 DC/DC 转换器为接口的两侧供电。

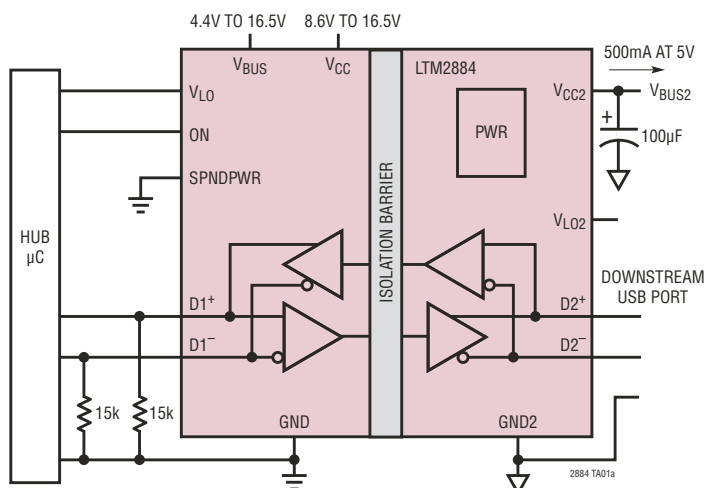
LTM2884 非常适合在主机、集线器、总线分离器或外设应用中提供隔离。其可兼容 USB 2.0 全速 (12Mbps) 和低速 (1.5Mbps) 操作规范。自动速度选择功能电路负责配置上游端口上的集成型上拉电阻器以与下游器件上的检测速度相匹配。

隔离器  $\mu$ Module 技术采用耦合电感器和一个隔离电源变压器在上游和下游 USB 接口之间提供了 2500V<sub>RMS</sub> 的隔离。该器件非常适合那些需要隔离式接地回路或很大共模电压变化的系统。在共模瞬变  $>30kV/\mu$ s 的情况下，可以保证不间断的通信。

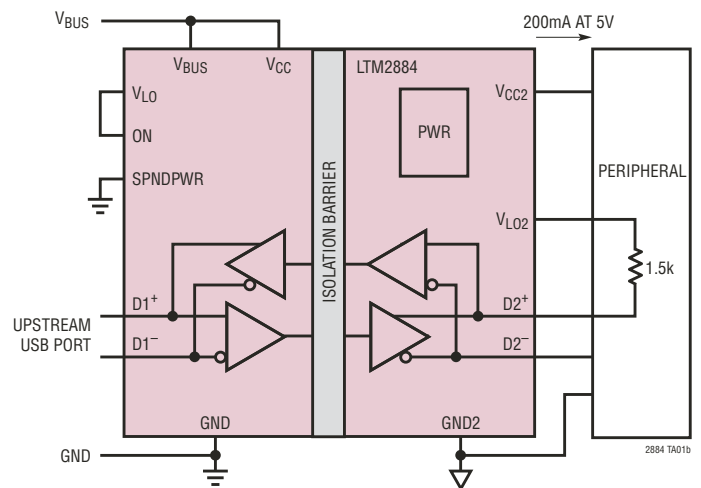
增强的 ESD 防护能力使得该器件能够在至局部电源的 USB 收发器接口引脚上承受高达  $\pm 15kV$  HBM (人体模型) 和通过至电源的隔离栅承受  $\pm 15kV$ ，而不会发生闭锁或受损现象。

## 典型应用

受电的 2.5W 隔离式集线器端口



总线供电的 1W 隔离式外设



# LTM2884

## 绝对最大额定值 (注 1)

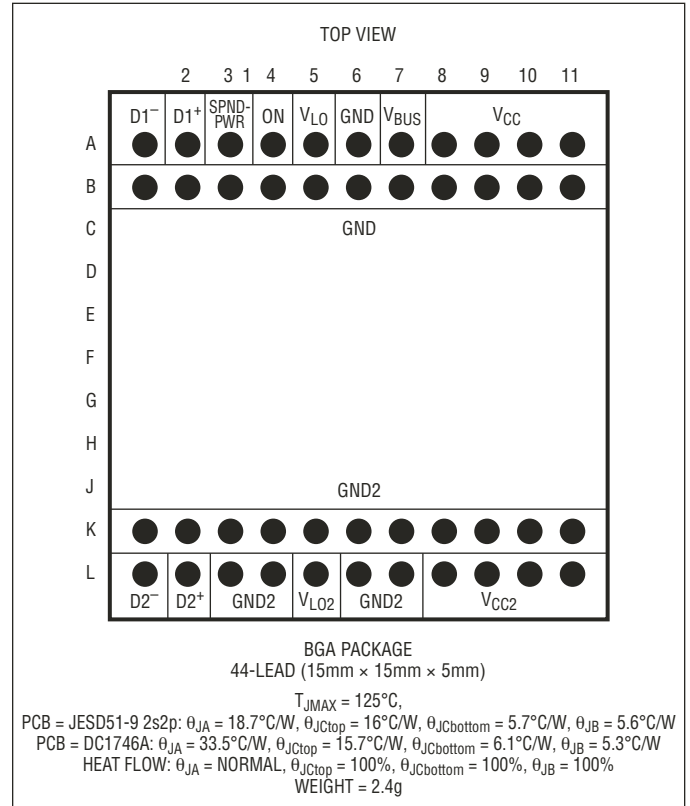
### 电源电压

$V_{CC}$ 至 GND	-0.3V 至 18V
$V_{BUS}$ 至 GND	-0.3V 至 18V
$V_{CC2}$ 至 GND2	-0.3V 至 10V
$V_{LO}$ 至 GND	-0.3V 至 4V
$V_{LO2}$ 至 GND2	-0.3V 至 4V
ON, SPNDPWR 至 GND	-0.3V 至 ( $V_{LO} + 0.3V$ )
D1+, D1- 至 GND	-0.3V 至 5.3V
D2+, D2- 至 GND2	-0.3V 至 5.3V

### 工作环境温度范围 (注 3)

LTM2884C	0°C 至 70°C
LTM2884I	-40°C 至 85°C
LTM2884H	-40°C 至 105°C
贮存温度范围	-40°C 至 125°C
最大内部工作温度	125°C
峰值回流焊体温度	245°C

## 引脚配置



## 订购信息

器件型号	衬垫或焊球涂层	器件标记		封装类型	MSL等级	温度范围
		器件	涂层代码			
LTM2884CY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM2884Y	e1	BGA	4	0°C 至 70°C
LTM2884IY#PBF						-40°C 至 85°C
LTM2884HY#PBF						-40°C 至 105°C

- 器件温度等级请见集装箱上的标识。
- 衬垫或焊球涂层代码依据 IPC/JEDEC J-STD-609 标准。
- 端子涂层器件标记：[www.linear.com.cn/leadfree](http://www.linear.com.cn/leadfree)
- 本产品不建议用于第二面回流焊。如需了解更多信息，请登录：[www.linear.com.cn/BGA-assy](http://www.linear.com.cn/BGA-assy)

- 推荐的 BGA PCB 装配和制造流程：[www.linear.com.cn/BGA-assy](http://www.linear.com.cn/BGA-assy)
- BGA 封装和托盘制图：[www.linear.com.cn/packaging](http://www.linear.com.cn/packaging)
- 本产品对湿度很敏感。如需了解更多信息，请登录：[www.linear.com.cn/BGA-assy](http://www.linear.com.cn/BGA-assy)

**电特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{CC} = 5\text{V}$ ，  $V_{BUS} = 5\text{V}$ ，  $\text{GND} = \text{GND2} = 0\text{V}$ ，  $\text{ON} = V_{LO}$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>电源</b>							
$V_{CC}$	工作电源范围 (隔离式电源输入)		●	4.4	12	16.5	V
$V_{BUS}$	工作电源范围 (USB 总线电源输入)		●	4.4	5	16.5	V
	断电模式中的 $V_{CC}$ 电源电流	$\text{ON} = 0\text{V}$ ， $V_{CC} = 4.4\text{V}$ 至 $16.5\text{V}$	●		100	500	$\mu\text{A}$
$I_{CC}$	通电模式中的 $V_{CC}$ 电源电流	$I_{CC2} = 0\text{mA}$ ，图 1	●		50	100	mA
	断电模式中的 $V_{BUS}$ 电源电流	$\text{ON} = 0\text{V}$	●		10	100	$\mu\text{A}$
$I_{BUS}$	通电模式中的 $V_{BUS}$ 电源电流	$I_{VLO} = 0\text{mA}$ ，图 1	●		6	9	mA
	暂停模式中的 $V_{BUS}$ 电源电流	$\text{SPNDPWR} = 3.3\text{V}$ USB 暂停超时 $\text{SPNDPWR} = 0$ ， USB 暂停超时	●			500	$\mu\text{A}$
			●	1.5	2.0		mA
$V_{CC2}$	已调 $V_{CC2}$ 输出电压，带负载	$V_{CC} = 4.4\text{V}$ ， $I_{CC2} = 200\text{mA}$ ，图 1 $V_{CC} = 8.6\text{V}$ ， $I_{CC2} = 500\text{mA}$ ，图 1	●	4.75	5	5.25	V
			●	4.75	5	5.25	V
	高功率模式中的 $V_{CC2}$ 源电流	$V_{CC} = 8.6\text{V}$ ，图 1	●	500			mA
	总线供电模式中的 $V_{CC2}$ 源电流	$V_{CC} = V_{BUS} = 4.4\text{V}$ ，图 1	●	200			mA
$V_{LO}$	$V_{LO}$ 已调输出电压	$I_{VLO} = 0\text{mA}$ 至 $10\text{mA}$ ，图 1	●	3.15	3.3	3.45	V
	$V_{LO}$ 输出电压最大电流	图 1	●			10	mA
$V_{LO2}$	$V_{LO2}$ 已调输出电压	$I_{VLO2} = 0\text{mA}$ 至 $10\text{mA}$ ，图 1	●	3.15	3.3	3.45	V
	$V_{LO2}$ 输出电压最大电流	图 1	●			10	mA
<b>USB 输入电平 (<math>D1^+</math>、<math>D1^-</math>、<math>D2^+</math>、<math>D2^-</math>)</b>							
$V_{IH}$	单端输入高电压		●	2.0			V
$V_{IL}$	单端输入低电压		●			0.8	V
$V_{HYS}$	单端输入迟滞				200		mV
$V_{DIFF}$	差分输入灵敏度	$ (D1^+ - D1^-) $ 或 $ (D2^+ - D2^-) $	●	0.2			V
$V_{CM}$	共模电压范围	$ (D1^+ + D1^-) /2$ 或 $ (D2^+ + D2^-) /2$	●	0.8		2.5	V
<b>逻辑输入电平 (<math>\text{ON}</math>、<math>\text{SPNDPWR}</math>)</b>							
$V_{IHL}$	逻辑输入高电压		●	2.0			V
$V_{ILL}$	逻辑输入低电压		●			0.8	V
$I_{INL}$	逻辑输入电流		●			$\pm 1$	$\mu\text{A}$
$V_{HYST}$	逻辑输入迟滞				200		mV
<b>USB 输出电平 (<math>D1^+</math>、<math>D1^-</math>、<math>D2^+</math>、<math>D2^-</math>)</b>							
$V_{OL}$	输出低电压	$R_{PU} = 1.5\text{k}$ 至 $3.6\text{V}$ ，图 4	●	0		0.3	V
$V_{OH}$	输出高电压	$R_{PD} = 15\text{k}$ 至 $0\text{V}$ ，图 4	●	2.8		3.6	V
$V_{CRS}$	差分输出信号交叉点电压		●	1.3		2.0	V
<b>端子</b>							
$R_{PU}$	面朝上游之端口上的总线上拉电阻	$D2^+$ 或 $D2^-$ 上拉至 $3.3\text{V}$		1.425		1.575	$\text{k}\Omega$
$R_{PD}$	面朝下游之端口上的总线下拉电阻	$D2^+$ 和 $D2^-$ 下拉至 $\text{GND2}$		14.25		15.75	$\text{k}\Omega$
$Z_{DRV}$	USB 驱动器输出电阻		●	28		44	$\Omega$
$C_{INUSB}$	至 $\text{GND}$ 的 USB 收发器衬垫电容	(注 2)			10		pF

**电特性** 凡标注●表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{CC} = 5\text{V}$ ，  $V_{BUS} = 5\text{V}$ ，  $GND = GND2 = 0\text{V}$ ，  $ON = V_{LO}$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>低速 USB</b>						
$t_{LDR}$	低速数据速率	$C_L = 50\text{pF}$ 至 $450\text{pF}$ (注 4)		1.5		Mbps
$t_{LR}$	上升时间	图 2， $C_L = 50\text{pF}$ 至 $600\text{pF}$	●	75	300	ns
$t_{LF}$	下降时间	图 2， $C_L = 50\text{pF}$ 至 $600\text{pF}$	●	75	300	ns
$t_{LPRR}$ ， $t_{LPFF}$	传播延迟	图 2， $C_L = 50\text{pF}$ 至 $600\text{pF}$	●	200	300	ns
$t_{LDJ1}$	差分抖动	下一个转换 (注 2)			$\pm 45$	ns
$t_{LDJ2}$	差分抖动	至成对转换 (注 2)			$\pm 15$	ns
<b>全速 USB</b>						
$t_{FDR}$	全速数据速率	$C_L = 50\text{pF}$ (注 4)		12		Mbps
$t_{FR}$	上升时间	图 3， $C_L = 50\text{pF}$	●	4	20	ns
$t_{FF}$	下降时间	图 3， $C_L = 50\text{pF}$	●	4	20	ns
$t_{FPRR}$ ， $t_{FPFF}$	传播延迟	图 3， $C_L = 50\text{pF}$	●	60	80 115	ns
$t_{FDJ1}$	差分抖动	至下一个转换 (注 2)			2	ns
$t_{FDJ2}$	差分抖动	至成对转换 (注 2)			1	ns
<b>电源发生器</b>						
	$V_{CC2} - GND2$ 电源启动时间 ( $ON \downarrow V_{LO}$ ， $V_{CC2}$ 至 $4.5\text{V}$ )	$R_{LOAD} = 50\Omega$ ， $C_{LOAD} = 100\mu\text{F}$ $R_{LOAD} = 10\Omega$ ， $C_{LOAD} = 100\mu\text{F}$ ， $V_{CC} = 12\text{V}$	● ●	2 3	5 10	ms ms
$t_{WUSPND}$	从暂停模式唤醒	恢复信号， $SPNDPWR = 0$	●	0.25	10	$\mu\text{s}$
ESD (HBM) (注 2)	隔离势垒	GND 至 GND2			$\pm 15$	kV
	$D1^+$ 、 $D1^-$ 、 $D2^+$ 、 $D2^-$	$D1^+/D1^-$ 至 GND， $V_{CC}$ 、 $V_{BUS}$ 或 $V_{LO}$ 和 $D2^+/D2^-$ 至 GND2， $V_{CC2}$ 或 $V_{LO2}$			$\pm 15$	kV
	ON， $SPNDPWR$				$\pm 3$	kV

**隔离特性**  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>隔离势垒：GND 至 GND2</b>						
$V_{ISO}$	额定介质绝缘电压 (注 6， 7)	1 分钟 (从 1 秒测试推算)	2500			$V_{RMS}$
		1 秒钟 (注 5)	3000			$V_{RMS}$
	共模瞬变免疫力	$V_{BUS} = V_{CC} = 5\text{V}$ ， $ON = 3.3\text{V}$ ， GND 和 GND2 之间存在持续时间为 33ns 的瞬变 (注 2)	$\pm 30$			$\text{kV}/\mu\text{s}$
$V_{IORM}$	最大工作绝缘电压	(注 2， 5)	560 400			$V_{PEAK}$ $V_{RMS}$
		部分放电	$V_{PR} = 750V_{RMS}$ (注 5)		$< 5$	pC
CTI	相比漏电起痕指数	IEC 60112 (注 2)	600			$V_{RMS}$
	腐蚀深度	IEC 60112 (注 2)		0.017		mm
DTI	隔离穿通距离	(注 2)		0.1		mm
	输入至输出电阻	(注 2、5)	$10^{12}$			$\Omega$
	输入至输出电容	(注 2、5)		13		pF
	爬电距离	(注 2、5)		9.48		mm

## 电特性

**注 1：**高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

**注 2：**由设计提供保证，未经生产测试。

**注 3：**该  $\mu$ Module 收发器备有用于在短暂过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。当过热保护功能电路运行时结温将超过  $125^{\circ}\text{C}$ 。在规定的最大工作结温以上连续工作有可能导致器件性能劣化或失效。

**注 4：**最大数据速率由其他测量参数提供保证，并未直接测试。

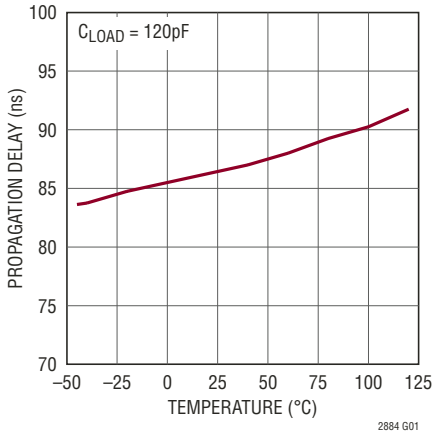
**注 5：**该器件被视作一款二端器件。测量于短接在一起的引脚组 A1 至 B11 和短接在一起的引脚组 K1 至 L11 之间进行。

**注 6：**额定介质绝缘电压不应解释为连续电压额定值。

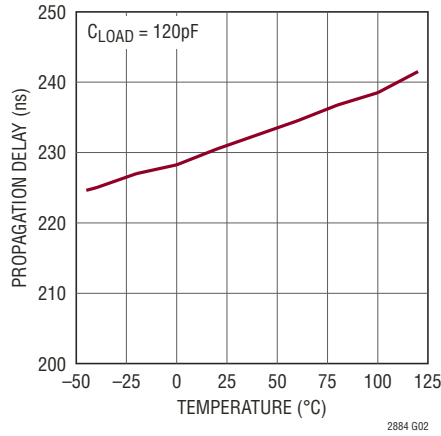
**注 7：**遵照 UL1577 标准，通过施加相等的正和负峰值电压 (乘以一个加速因子 = 1.2) 并持续一秒钟来对每个器件实施针对  $2500\text{V}_{\text{RMS}}$  额定值的验证测试。

## 典型性能特徵 $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{CC} = 5\text{V}$ , $V_{BUS} = 5\text{V}$ , $\text{GND} = \text{GND2} = 0\text{V}$ , $\text{ON} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

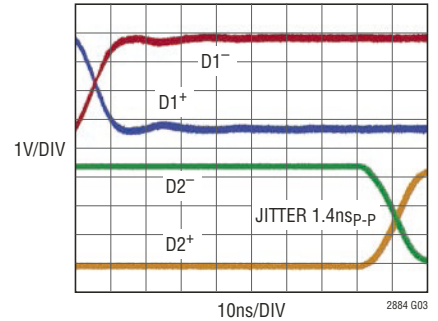
全速传播延迟与温度的关系



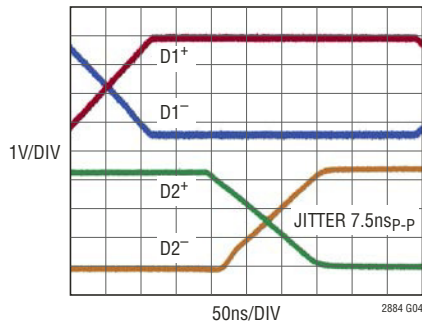
低速传播延迟与温度的关系



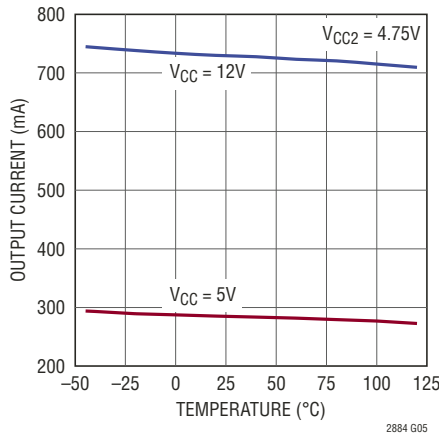
全速差分抖动



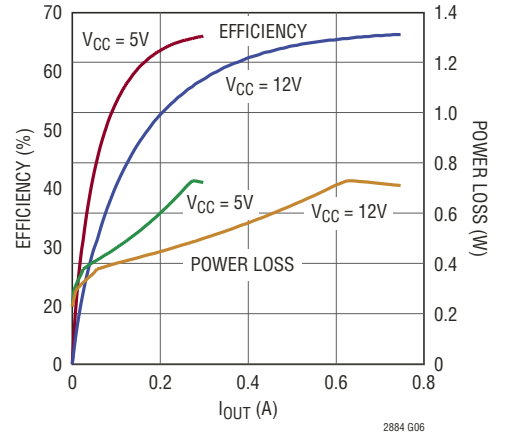
低速差分抖动



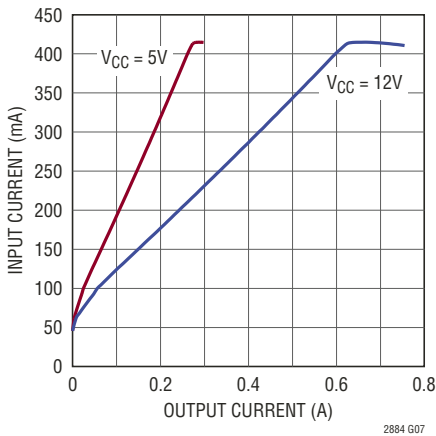
$V_{CC2}$  输出电流与温度的关系



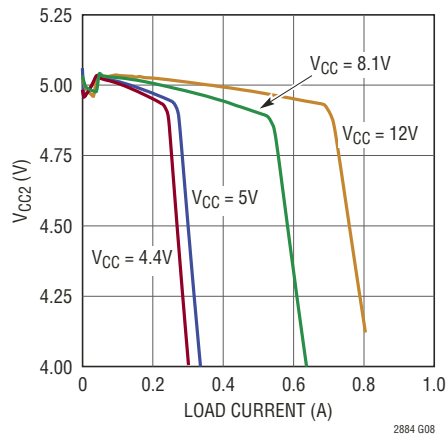
$V_{CC}$  至  $V_{CC2}$  效率和功率损耗



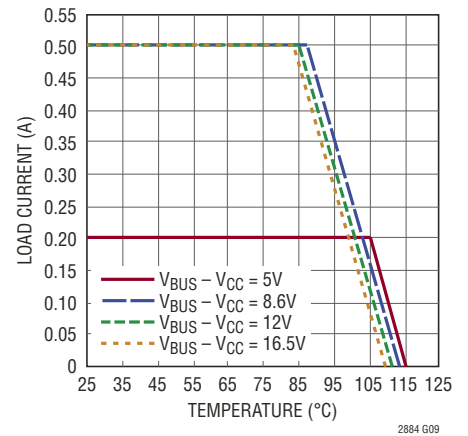
$V_{CC}$  输入电流与  $V_{CC2}$  输出电流的关系



$V_{CC2}$  输出电压与负载电流的关系

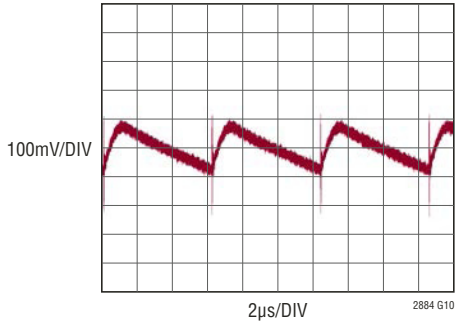


针对  $125^\circ\text{C}$  最大内部工作温度进行的降额

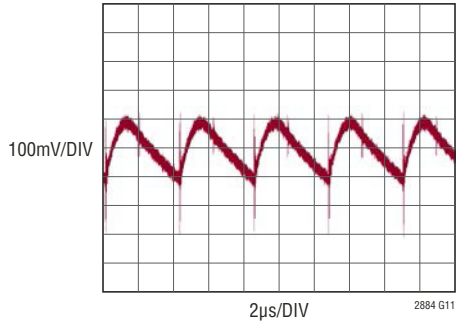


**典型性能特徵**  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V}$ ,  $V_{BUS} = 5\text{V}$ ,  $\text{GND} = \text{GND2} = 0\text{V}$ ,  $\text{ON} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

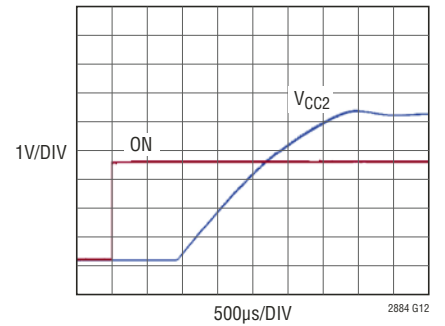
**$V_{CC2}$  纹波,  $V_{CC} = 5\text{V}$ ,  $I_{CC2} = 200\text{mA}$**



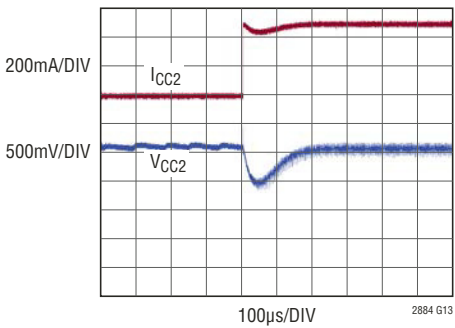
**$V_{CC2}$  纹波,  $V_{CC} = 12\text{V}$ ,  $I_{CC2} = 500\text{mA}$**



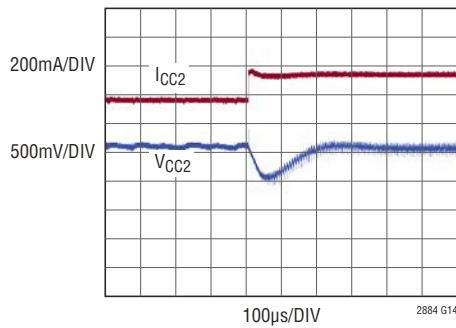
**$V_{CC2}$  启动斜坡**



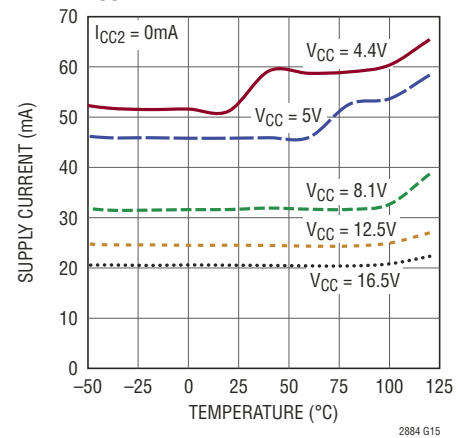
**$V_{CC2}$  = 负载阶跃响应,  $0\text{mA}$  至  $500\text{mA}$  ( $V_{CC} = 12\text{V}$ )**



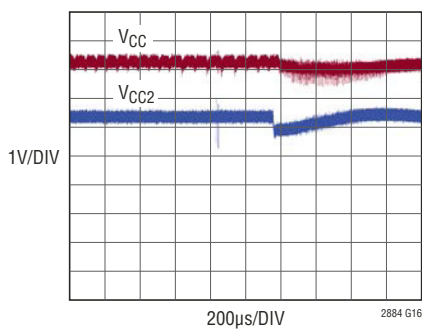
**$V_{CC2}$  = 负载阶跃响应,  $0\text{mA}$  至  $200\text{mA}$  ( $V_{CC} = 5\text{V}$ )**



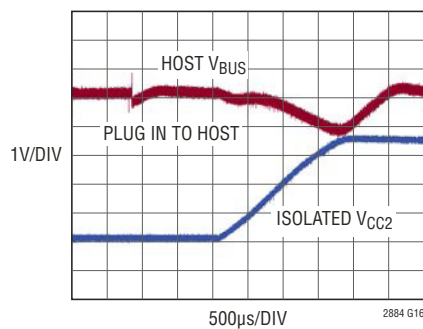
**$I_{CC}$  与温度的关系**



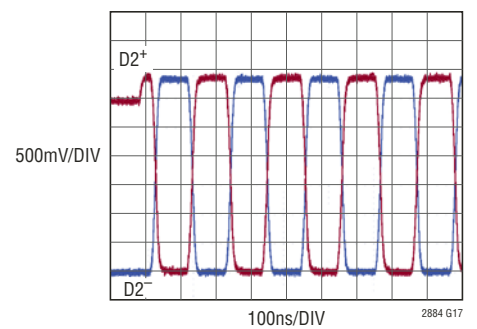
**$V_{CC2}$  压降 / 插入响应**



**插入过程中的上游  $V_{BUS}$  压降 ( $C_{LOAD} = 100\mu\text{F}$ )**



**全速数据包开始**



## 引脚功能

### 上游侧 ( $V_{CC}$ , $V_{BUS}$ , $V_{LO}$ , $GND$ )

**D1<sup>-</sup> (A1)** : 面朝 USB 数据总线上游的负收发器引脚。一个 1.5k 上拉电阻器被自动配置以指示 D2<sup>-</sup> 引脚的闲置状态。

**D1<sup>+</sup> (A2)** : 面朝 USB 数据总线上游的正收发器引脚。一个 1.5k 上拉电阻器被自动配置以指示 D2<sup>+</sup> 引脚的闲置状态。

**SPNDPWR (A3)** : 暂停模式电源控制。如果 USB 总线被暂停, 则一个高输入使能 DC/DC 转换器停机控制。一个低输入 ( $GND$ ) 禁用 DC/DC 转换器的停机控制, 从而在暂停模式中保持对隔离下游侧的供电。如果 DC/DC 转换器被关断, 则从暂停模式的恢复时间可能相当于电源启动时间。SPNDPWR 引脚电压参考于  $V_{LO}$  和  $GND$ 。

**ON (A4)** : 使能隔离电源及数据通信。如果 ON 为高电平, 则器件被使能。假如 ON 为低电平, 则上游侧保持于复位模式且 DC/DC 转换器不向隔离侧供电。ON 引脚的参考电位, 介于  $V_{LO}$  和  $GND$  之间。

**$V_{LO}$  (A5)** : 内部产生的 3.3V 逻辑电压输出。 $V_{LO}$  引脚用作 ON 和 SPNDPWR 引脚的正参考, 并能供应高达 10mA 的剩余电流。在内部通过 2.2 $\mu$ F 电容旁路至  $GND$ 。输出电源, 无需外部连接。

**$GND$  (A6, B1-B11)** : 上游电路的地。

**$V_{BUS}$  (A7)** : USB 收发器的电源输入。工作范围为 4.4V 至 16.5V。连接至 USB  $V_{BUS}$  电源或一个外部电源。在内部通过 2.2 $\mu$ F 电容旁路至  $GND$ 。

**$V_{CC}$  (A8-A11)** : DC/DC 转换器的电源输入。工作范围为 4.4V 至 16.5V。连接至一个高于 8.6V 的外部电源以在  $V_{CC2}$  上提供 500mA。连接至 USB  $V_{BUS}$  以在  $V_{CC2}$  上提供高达 200mA 的电流。当外设具有一个外部电源时将  $V_{CC}$  连接至  $V_{BUS}$ 。在内部通过 2.2 $\mu$ F 电容旁路至  $GND$ 。

### 隔离下游侧 ( $V_{CC2}$ , $V_{LO2}$ , $GND2$ )

**$GND2$  (K1-K11, L3, L4, L6, L7)** : 下游电路的地。

**D2<sup>-</sup> (L1)** : USB 数据总线下游的负收发器引脚。该引脚具有一个连接至  $GND2$  的 15k 下拉电阻器。

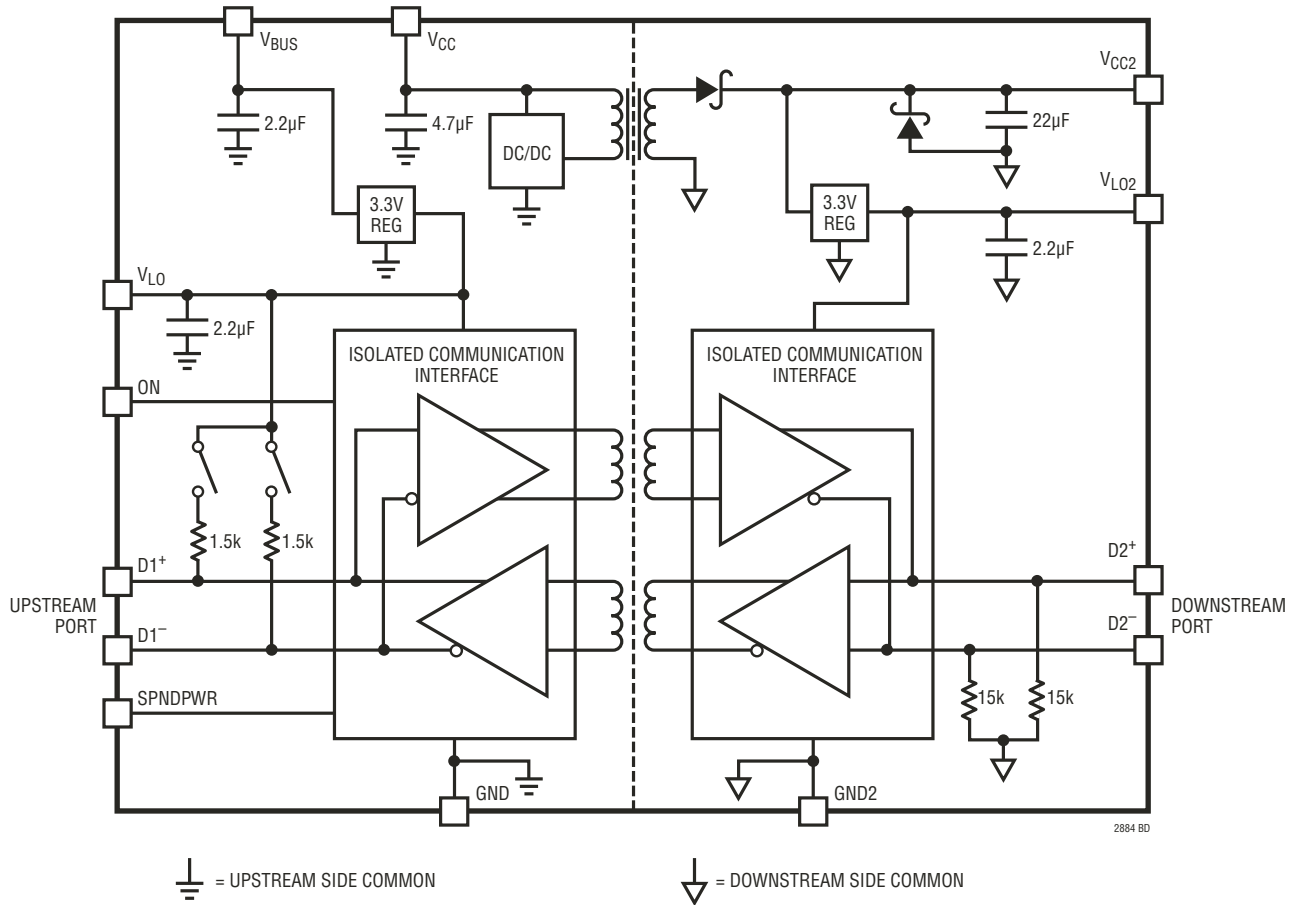
**D2<sup>+</sup> (L2)** : USB 数据总线下游的正收发器引脚。该引脚具有一个连接至  $GND2$  的 15k 下拉电阻器。

**$V_{LO2}$  (L5)** : 内部 3.3V 逻辑电压输出。 $V_{LO2}$  引脚能提供高达 10mA 的剩余电流。在内部通过 2.2 $\mu$ F 电容旁路至  $GND2$ 。输出电源, 无需外部连接。

**$V_{CC2}$  (L8-L11)** : 来自 DC/DC 转换器的隔离电源输出。输出电压为 5V, 并能支持高达 500mA 的外设电流 (参考于  $GND2$ )。输出电流取决于输入电源电压和电流限值。在内部通过 22 $\mu$ F 电容旁路至  $GND2$ 。输出电源, 无需外部连接。



方框图



测试电路

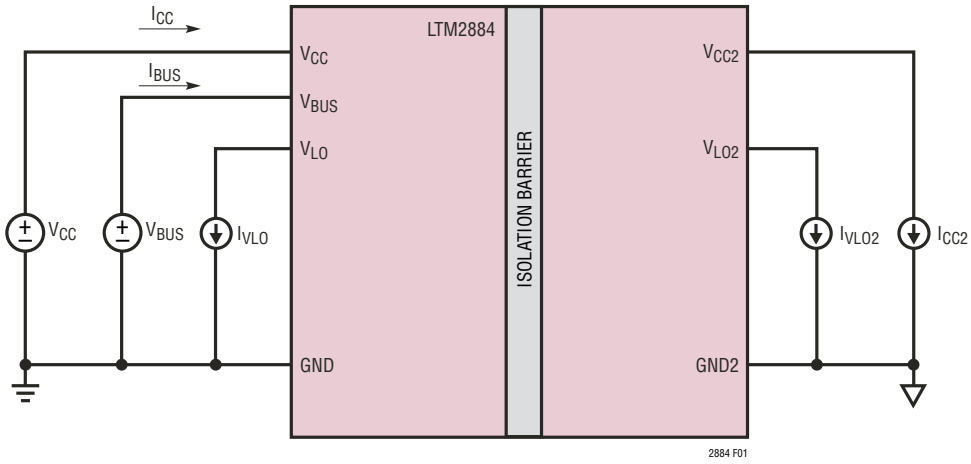


图 1 : 电源负载

## 测试电路

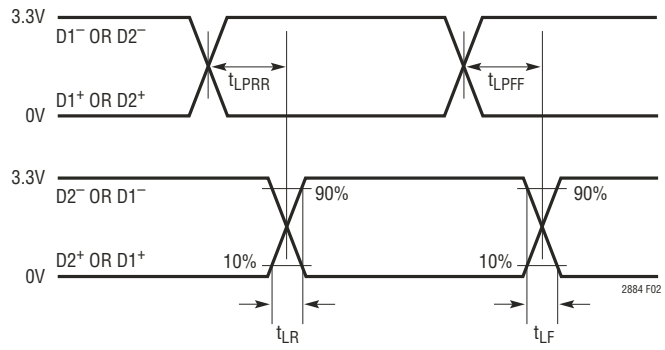
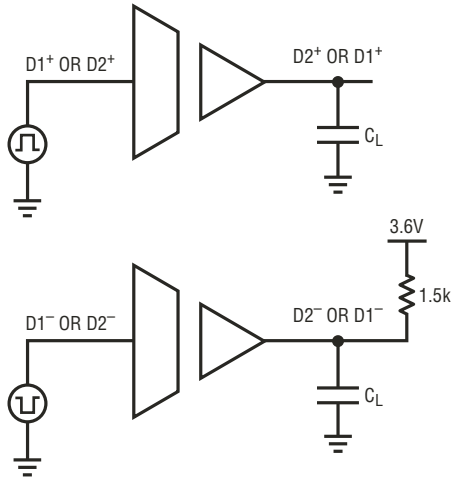


图 2：低速时序测量

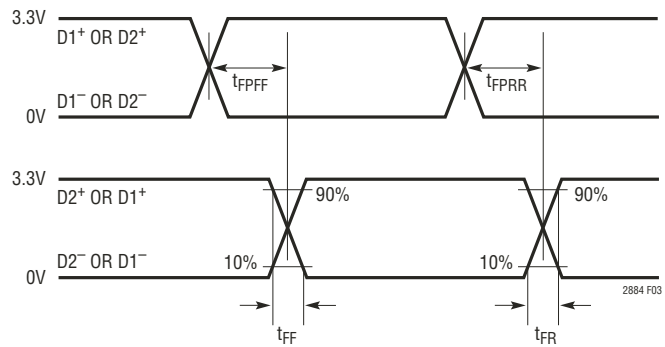
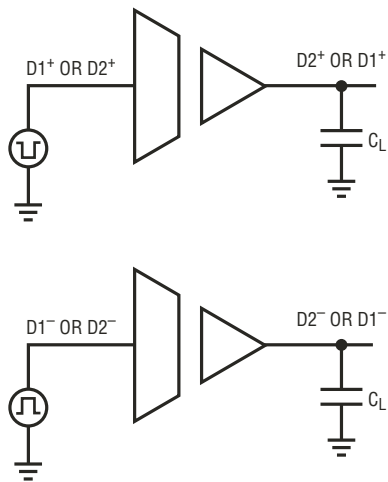


图 3：全速时序测量

## 功能表

### USB 收发器功能表

模式	D1 <sup>+</sup>	D1 <sup>-</sup>	自动上拉连接	D2 <sup>+</sup>	D2 <sup>-</sup>	SPNDPWR
全速 (闲置)	1.5k 上拉	主机下拉	D1 <sup>+</sup>	外设上拉	15k 下拉	X
低速 (闲置)	主机下拉	1.5k 上拉	D1 <sup>-</sup>	15k 下拉	外设上拉	X
断接 (闲置)	主机下拉	主机下拉	无	15k 下拉	15k 下拉	X
暂停 (闲置时间 >3ms)	设定在器件连接	设定在器件连接	设定在器件连接	外设或 15k	外设或 15k	0
暂停 (无供电) (闲置时间 >3ms)	设定在器件连接	设定在器件连接	设定在器件连接	15k 下拉	15k 下拉	3.3V
D1 至 D2 数据	IN <sup>+</sup>	IN <sup>-</sup>	设定在器件连接	OUT <sup>+</sup>	OUT <sup>-</sup>	X
D2 至 D1 数据	OUT <sup>+</sup>	OUT <sup>-</sup>	设定在器件连接	IN <sup>+</sup>	IN <sup>-</sup>	X

### 电源功能表

模式	ON	SPNDPWR	V <sub>CC</sub>	V <sub>BUS</sub>	DC/DC 转换器
断开	0	X	X	X	关断
导通	3.3V	X	>4.4V	>4.4V	导通
导通, 暂停 (闲置时间 >3ms)	3.3V	0	>4.4V	>4.4V	导通
导通, 暂停 (闲置时间 >3ms), 断电	3.3V	3.3V	>4.4V	>4.4V	关断
导通, 仅限 USB 收发器, 断电	3.3V	X	0	>4.4V	关断

## 工作原理

LTM2884  $\mu$ Module 收发器提供了一个隔离的坚固型 USB 接口，其由一个集成型 DC/DC 转换器供电，并备有去耦电容器。这款灵活的器件能够支持多种 USB 配置，可采用总线供电或外部供电。应用包括主机、集线器、外设或独立型串联式总线分离器中的隔离。该器件内置了自动配置的上拉电阻器，以向上游 USB 总线指示隔离下游 USB 总线的状态。LTM2884 非常适合于那些上游集线器 / 主机的地和下游器件的地有可能具有不同电压的 USB 连接。LTM2884 中的隔离能阻隔高的电压差及免除接地环路，并对接地电位之间的共模瞬变拥有极强的耐受能力。在超过  $30\text{kV}/\mu\text{s}$  的共模瞬变过程中可保持无差错运作，从而提供了卓越的噪声隔离性能。

LTM2884 包含一个内置了变压器的全集成型 DC/DC 转换器，因而在许多配置中都不需要外部组件。上游侧包含一个反激式转换器，其通过运用原边检测法来调节下游输出电压。内部电源解决方案足以支持收发器接口并通过  $V_{CC2}$  给一个附接的设备提供高达  $500\text{mA}/5\text{V}$  (依赖于  $V_{CC}$  上的电源电压和可用电流)。

隔离栅两侧上的集成型 USB 收发器支持 USB 2.0 规格中定义的全速和低速模式。通过隔离势垒进行的 USB 通信是双向的，因此 LTM2884 根据哪一侧先开始一个包开始 (SOP) 来确定数据流的方向。数据的方向将保持，直至观察到一个包结束 (EOP) 图形或者由于没有动作而出现超时为止。USB 接口维持一个代表集线器延迟的恒定传播延迟并传输所有的数据。

上游接口中集成的上拉电阻器可自动指示器件的连接和断接。下游器件连接在检测了连接时下游器件的闲置状态之

后在上游端口上自动选择正确的上拉电阻器。下游器件的断接将在上游端口上自动释放上拉电阻器，从而允许上游  $15\text{k}\Omega$  下拉电阻器将总线信号拉至断接状态。该功能使得 LTM2884 非常适合于主机、集线器、总线分离器或外设集成。

## 隔离器 $\mu$ Module 技术

LTM2884 采用隔离器  $\mu$ Module 技术以横跨隔离栅进行信号转换及供电。隔离势垒任一侧的信号被编码为脉冲，并在使用在  $\mu$ Module 衬底中形成的无磁芯变压器横跨隔离边界进行转换。该系统备有数据刷新、差错校验、故障安全停机和极高的共模免疫力，为双向信号隔离提供了一款坚固型解决方案。 $\mu$ Module 技术提供了一种把隔离信号传输与 USB 收发器和强大的隔离型 DC/DC 转换器整合在一个小型封装中的方法。

## USB 收发器引脚保护

LTM2884 USB 收发器引脚  $D1^+$ 、 $D1^-$ 、 $D2^+$  和  $D2^-$  拥有针对 ESD 和短路故障的保护功能。收发器引脚可承受  $\pm 15\text{kV}$  HBM ESD。收发器引脚上的过流电路负责监视从  $D1^+$  和  $D1^-$  至  $GND$ 、 $V_{LO}$  或  $V_{BUS}$  的故障状态，以及从  $D2^+$  和  $D2^-$  至  $GND2$ 、 $V_{LO2}$  或  $V_{CC2}$  的故障状态。如果收发器引脚吸收约  $40\text{mA}$  电流的持续时间超过  $600\text{ns}$ ，则一个电流检测电路将停用收发器引脚。 $V_{LO}$  和  $V_{LO2}$  输出电源分别为 USB 收发器提供至  $GND$  或  $GND2$  的短路保护，并具有一个  $40\text{mA}$  的电流限值。

## 应用信息

## USB 连接

LTM2884  $\mu$ Module 收发器可在不增设外部组件的情况下直接连接至上游侧和下游侧上的 USB 端口。收发器传递所有的数据，而并不充当一个集线器或智能器件。对总线线路进行闲置、包开始和包结束状态的监视以正确地保持总线速度和数据方向。串联电阻、上拉和下拉电阻器内置于 LTM2884。面朝上游的 USB 端口包含自动配置的 1.5k 上拉电阻器，这些电阻器根据下游侧外设配置接入或断开。该实施方案可实现下游总线速度和连接/断接状态的上游报告。在  $D2^+$  和  $D2^-$  信号与  $GND2$  之间布设了内置的 15k 下拉电阻器，因而可支持下游总线配置。

通过监视 USB 数据引脚，LTM2884 可检测一种 K 状态以开始一个数据包并设定数据方向。在监察到数据的包结束特征和一种完成的 J 状态之后释放总线。K 状态和 J 状态之间的数据有效负载以一个大约 80ns 的延迟通过 LTM2884 隔离器进行传输。

## 闲置状态通信和自动速度选择

LTM2884  $\mu$ Module 收发器通过监视下游侧总线闲置状态并以特定速率穿越隔离栅刷新状态来维持 USB 总线闲置状态的条件。此外，LTM2884 还在下游外设连接时立即监察其速度并设定其自身的操作以与之相匹配。图 4 示出了用于实现总线速度自动监视和报告的简略电路。监视  $D2^+$  或  $D2^-$  信号与  $D2^+$  或  $D2^-$  上的上拉电阻器的连接并将结果作为全速或低速来处理，否则断接。闲置状态通过刷新传输传递给上游侧。开关 SW1 或 SW2 基于接收信息进行控制。如果检测到  $D2^+$  具有一个上拉电阻器而  $D2^-$  开路，则 SW1 闭合。如果检测到  $D2^-$  具有一个上拉电阻器且  $D2^+$  开路，则 SW2 闭合。如果下游 USB 总线断接，则把 SW1 和 SW2 置于开路状态。在 USB 暂停期间，上拉电阻器将保持检测到暂停命令之前的状态。

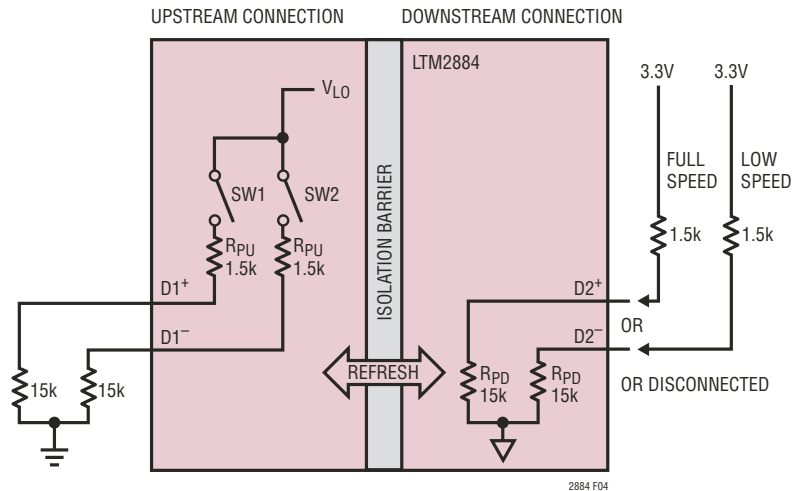


图 4：闲置状态自动电阻器设定

## 应用信息

### 暂停模式

当上游 USB 总线的闲置时间超过 3ms 时，LTM2884 进入暂停模式。暂停模式中的省电和运行方式取决于 SPNDPWR 引脚的状态，如表 1 中所归纳。

表 1：暂停模式操作

SPNDPWR	V <sub>CC2</sub>	I <sub>BUS</sub>	I <sub>CC</sub>	唤醒	唤醒时间
高电平	关断	<500μA	V <sub>CC</sub> /45k	恢复	3ms
低电平	接通	1.5mA	50mA	恢复 或远程唤醒	10μs

当 SPNDPWR 为高电平时，暂停模式中的省电量达到最大。在该场合中，DC/DC 转换器被停用，至隔离侧的供电被切断，同时 V<sub>CC</sub> 和 V<sub>BUS</sub> 上的吸收电流减至最小。然而，在该模式中，如果某个下游器件连接至总线或从总线断接，或者远程唤醒功能被配置，则它将被 LTM2884 所识别并且将不被代送至主机。上游侧的一个恢复命令将唤醒 LTM2884 并要求由主机进行重新枚举。从上游侧发出恢复命令起，恢复时间大约为 3ms。

如果 SPNDPWR 在暂停模式中为低电平，LTM2884 将运作于一种低功率模式，但保持一种较高的功能状态 (DC/DC 转换器导通运行且下游收发器通电)。当 V<sub>CC2</sub> 上没有外部吸收电流时，V<sub>BUS</sub> 电流减小至 1.5mA，而 V<sub>CC</sub> 电流约为 50mA。下游器件发出的断接、重接或远程唤醒命令或者主机发出的恢复命令均可以进行唤醒。从暂停模式的恢复时间大约为 10μs (从检测到第一个状态变化起)。

在暂停模式期间，从 V<sub>L0</sub> 吸收到外部电路中的 DC 电流将由 V<sub>BUS</sub> 提供，并有可能超过 USB 规格中设定的限值。

### DC/DC 电源

内部 DC/DC 转换器负责把来自 V<sub>CC</sub> 引脚的输入功率转换为 V<sub>CC2</sub> 输出。对输送至 V<sub>CC2</sub> 引脚的功率进行调节和限流以提供针对过流情况的保护。对电压源 V<sub>CC</sub> 进行检测，以限制所能输送的最大电流从而避免超过 USB 规格值。把 V<sub>CC</sub> 和 V<sub>BUS</sub> 电源引脚连接至 USB V<sub>BUS</sub> 引脚 (4.4V 至 5.5V) 可把下游侧最大电源电流限制为 200mA，超过此电流值后 V<sub>CC2</sub> 将会劣化。当 V<sub>CC</sub> 连接至一个高电压外部 DC 电源 (8.6V 至 16.5V) 时，电流限值增大以便从 V<sub>CC2</sub> 提供 500mA。如果某个从 V<sub>CC2</sub> 吸收电流的下游器件所吸收的电流超过了 25mA，则 V<sub>CC</sub> 上的输入电流有可能超过 100mA (这是针对低功率设备的 USB 单位负载规格限值)。对于低功率外设，LTM2884 并未执行 100mA 电流限值。

V<sub>CC2</sub> 通过一个 22μF 电容器在内部旁路至 GND2。当支持器件插入时，给 V<sub>CC2</sub> 增设一个额外的低 ESR 100μF 电容器以满足 V<sub>BUS</sub> 下游电源去耦最低规格要求 (120μF)。把附加的 100μF 电容器布设在邻近下游 USB 连接器的地方。当 LTM2884 在外设或上游集线器应用中使用，也许没有必要增加电容。

### V<sub>L0</sub> 和 V<sub>L02</sub> 电源

V<sub>L0</sub> 和 V<sub>L02</sub> 输出电源引脚可供用作隔离栅两侧上的低电流 3.3V 电源。另外，它们还充当 USB 接口电路的电源。一个内部线性稳压器使用 V<sub>BUS</sub> 输入电源在 V<sub>L0</sub> 上产生 3.3V。另一个线性稳压器使用 V<sub>CC2</sub> 在 V<sub>L02</sub> 上产生 3.3V。对于外部应用，电流被限制在 10mA。超过该限值有可能引起 V<sub>L0</sub> 或 V<sub>L02</sub> 电源的劣化以及 USB 隔离器的不良运作。把信号 ON 或 SPNDPWR 连接至 V<sub>L0</sub> 将不会引起可用 V<sub>L0</sub> 电流的显著变化。这些电源可用于支持至隔离式 USB 端口的接口逻辑。为了满足暂停模式电流限值，应最大限度地减小 V<sub>L0</sub> 输出电源上的外部应用电路的 DC 电流。对 V<sub>L0</sub> 和 V<sub>L02</sub> 提供了针对过流和过热情况的保护。

## 应用信息

### 电源电流

给 LTM2884 的多个输出电源引脚施加负载将影响  $V_{BUS}$  和  $V_{CC}$  上的电源电流。 $V_{BUS}$  输入负责给收发器的上游侧和  $V_{LO}$  引脚供应电流。 $V_{CC}$  输入则通过一个隔离式 DC/DC 转换器为  $V_{CC2}$  和  $V_{LO2}$  供电。DC/DC 转换器的效率 ( $\eta$ ) 示于“典型性能特征”部分 (对于 5V 和 12V 输入, 从  $V_{CC}$  至  $V_{CC2}$ )。

### 电源电流方程

工作：

$$I_{BUS} = 6\text{mA} + I_{VLO}$$

$$I_{CC} = \frac{V_{CC2} \cdot (6\text{mA} + I_{CC2} + I_{VLO2})}{\eta \cdot V_{CC}}$$

暂停：SPNDPWR = 0

$$I_{BUS} = 1.5\text{mA} + I_{VLO}$$

$$I_{CC} = \frac{V_{CC2} \cdot (6\text{mA} + I_{CC2} + I_{VLO2})}{\eta \cdot V_{CC}}$$

暂停：SPNDPWR =  $V_{LO}$

$$I_{BUS} = 0.45\text{mA} + I_{VLO}$$

$$I_{CC} = \frac{V_{CC}}{45\text{k}}$$

关断：

$$I_{BUS} = 10\mu\text{A}$$

$$I_{CC} = \frac{V_{CC}}{45\text{k}}$$

### USB 2.0 兼容性

LTM2884  $\mu$ Module 收发器可兼容 USB 2.0 的全速和低速操作规范。有些特性和实施方案可能不支持与 USB 2.0 规

格的全面兼容。在 LTM2884  $\mu$ Module 收发器和集成型 DC/DC 电源转换器的内部存在三种具体情形。

情形一，针对全速数据的 80ns 传播延迟超过了针对单个集线器延迟 (44ns) + 电缆延迟 (26ns) 的规格。这是由于在一个 K 状态转换之前将信号驱动至 3.3V 电压轨以保持平衡交叉电压与后续数据转换的交叉电压相等所致。USB 端口通常在 K 状态包开始转换之前将闲置状态总线驱动至 3.3V 电压轨。

情形二，设定 SPNDPWR =  $V_{LO}$  将导致 DC/DC 电源转换器在总线暂停期间关闭。 $V_{CC2}$  将失去电源，从而造成下游器件丧失计算能力。远程唤醒、断接和重接事件被忽略。来自主机或上游集线器的恢复命令将起 DC/DC 转换器并唤醒下游器件。下游器件将需要进行重新枚举，这会在 USB 兼容性测试中引起故障。在发出一个恢复命令之后，到隔离式器件满功率供电之前将经历一个 3ms 的延迟。当 SPNDPWR = 0V 时，DC/DC 电源转换器在暂停期间处于导通状态，因而保存了功率和枚举信息。 $V_{CC}$  电源消耗 50mA 电流以在暂停过程中支持隔离供电。将  $V_{BUS}$  和  $V_{CC}$  电源分离开来以遵从 2.5mA USB 2.0  $V_{BUS}$  暂停模式电流规格。

情形三，当把一个低功率器件连接至 LTM2884 的下游侧且  $V_{BUS}$  和  $V_{CC}$  连接在一起时，由于 DC/DC 转换器的工作电流和效率的原因，输入电流较高。DC/DC 转换器和 USB 收发器功能的工作电流为 46mA。转换器效率约为 55%，从而由于  $V_{CC2}$  上的负载电流之故而使输入电流产生了一个 1/0.55 的增幅。 $V_{CC2}$  上的一个 100mA 负载表现为  $V_{BUS}$  和  $V_{CC}$  上的一个 181mA 负载 + 工作电流。为了满足 100mA 输入电流， $V_{CC2}$  负载电流必须小于 25mA。隔离式电源的这种特性有可能使 LTM2884 在总线供电型集线器应用或者至总线供电型集线器的下游连接中的使用受到限制。把  $V_{CC}$  连接至一个外部电源可缓解这一问题。



## 应用信息

### 热插拔保护

$V_{CC}$  和  $V_{BUS}$  输入采用低 ESR 陶瓷电容器进行旁路。在热插拔过程中，由于电缆电感的原因，电源输入会使供电电压产生过冲。当采用不能进行热插拔且高于 10V 的外部电源时，可给  $V_{CC}$  输入增设一个具大于  $1\Omega$  ESR 的  $2.2\mu\text{F}$  钽电容器或一个与  $1\Omega$  电阻器串联的陶瓷电容器，以降低超过绝对最大值的可能性。有关该问题的详细讨论请参阅“应用指南 88” (Application Note 88)，“陶瓷电容器会引起过压瞬变”。

### PC 板布局

LTM2884 的高集成度使得 PCB 的布局十分简单。不过，为了优化其电隔离特性、EMI 和热性能，有些布局考虑仍然是必不可少的。图 5 中的 PCB 布局是针对低 EMI USB 应用的推荐配置。以下考虑可优化 LTM2884 的性能：

- 在重负载条件下， $V_{CC}$  和 GND 电流超过 700mA， $V_{CC2}$  和 GND2 电流高达 500mA。在 PCB 上必须使用足够的铜箔，以确保阻性损耗不会导致电源电压降至容许的最低电平以下。另外，这些粗的铜印制线还将有助于减小热应力并改善导热性。
- 在外设或集线器输入端上不需要输入和输出去耦。增设额外的低 ESR 电容以降低电源接线上的噪声感应。集线器/总线分离器输出需要一个额外的  $100\mu\text{F}$  低 ESR 电容。
- 在 PCB 顶部或底部上的焊盘之间不要放置铜箔。该区域必须开路以承受额定隔离电压并保持爬电距离。

### RF，磁场抗扰度

在 LTM2884 内部使用的隔离器  $\mu\text{Module}$  技术经过了独立评估，并顺利通过了欧洲标准 EN 55024 的 RF 及磁场抗扰度测试，其依据的测试标准如下：

EN 61000-4-3 辐射、射频、电磁场抗扰度

EN 61000-4-8 电源频率磁场抗扰度

EN 61000-4-9 脉冲磁场抗扰度

测试是采用按照产品手册 PCB 推荐布局设计的非屏蔽式测试板卡完成的。表 2 详细给出了每项测试的具体限值。

表 2：测试频率场强

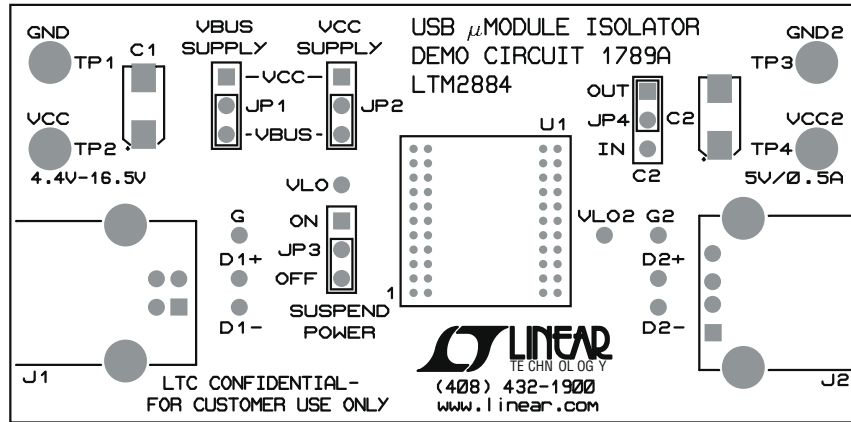
EN 61000-4-3，附录 D，80MHz 至 1GHz	10V/m
1.4MHz 至 2GHz	3V/m
2GHz 至 2.7GHz	1V/m
EN61000-4-8，Level 4 50Hz 和 60Hz	30A/m
EN61000-4-8，Level 5 60Hz	100A/m*
EN61000-4-9，Level 5 脉冲	1000A/m

\* 非 IEC 方法

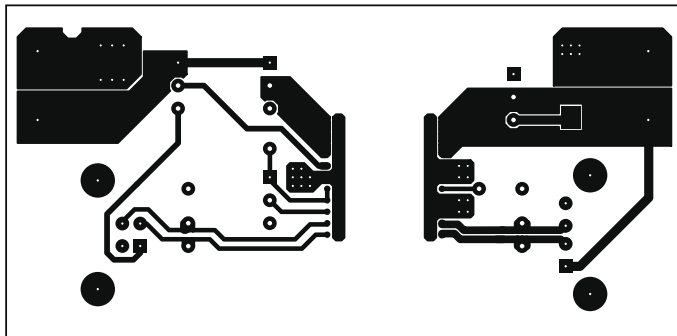
### EMI

采用 GTEM 单元对连接和未连接 USB 电缆时 LTM2884 的辐射发射进行了测量。利用图 5 中的布局结构实现了图 6 所示的性能。依据 IEC 61000-4-20 标准对结果进行校正。

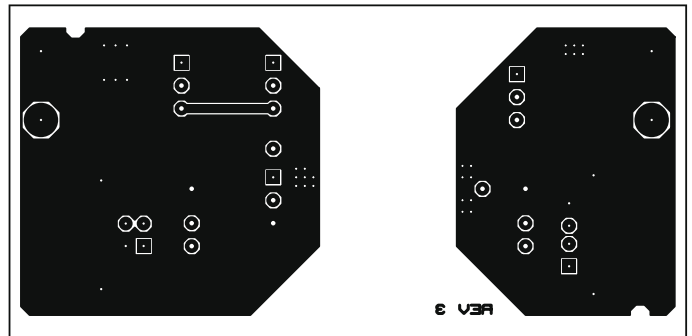
## 应用信息



DC1789a 演示板



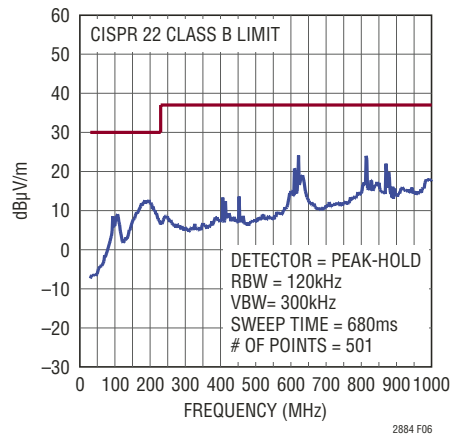
DC1789a 顶层



DC1789a 底层

2884 F04

图 5 : PC 板布局



2884 F06

图 6 : EMI 曲线图

典型应用

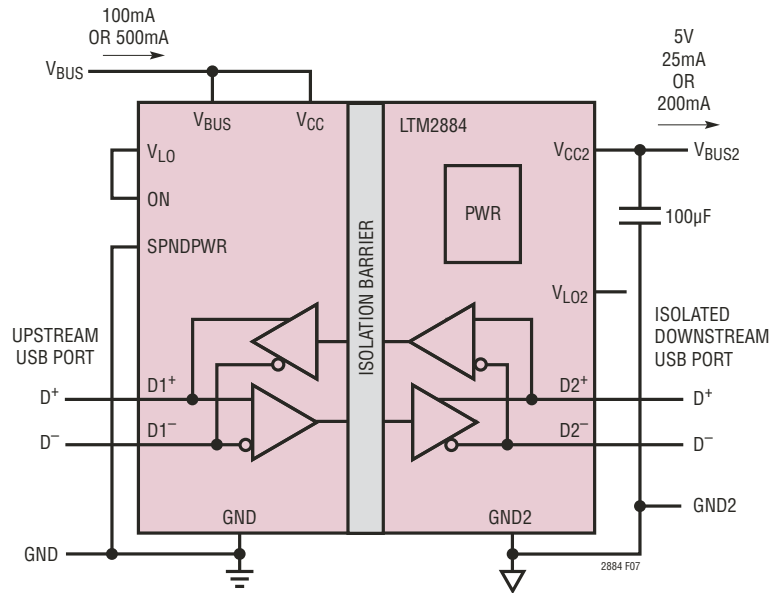


图 7：总线供电型串联式总线分离器

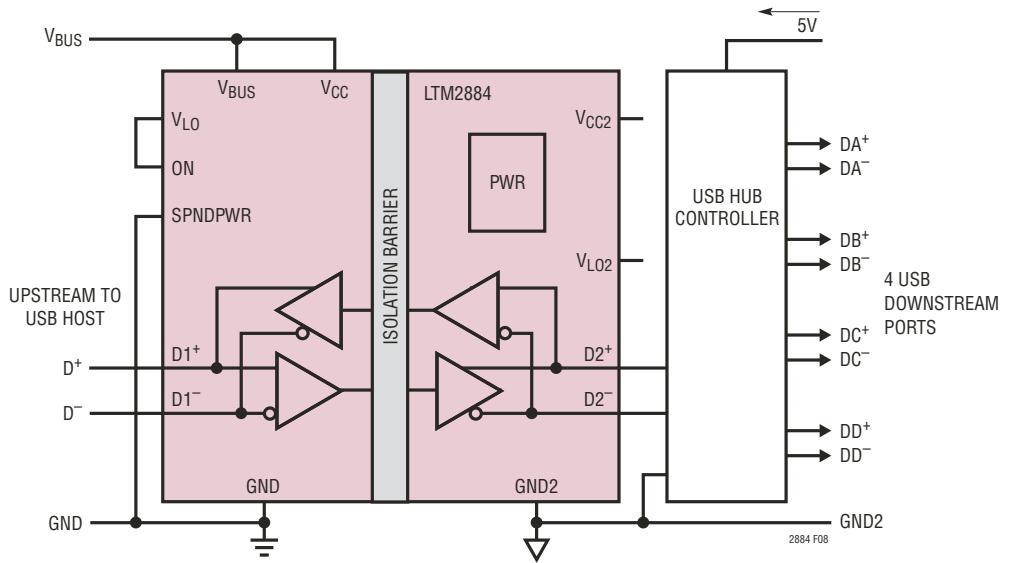


图 8：USB 集线器上游隔离器

典型应用

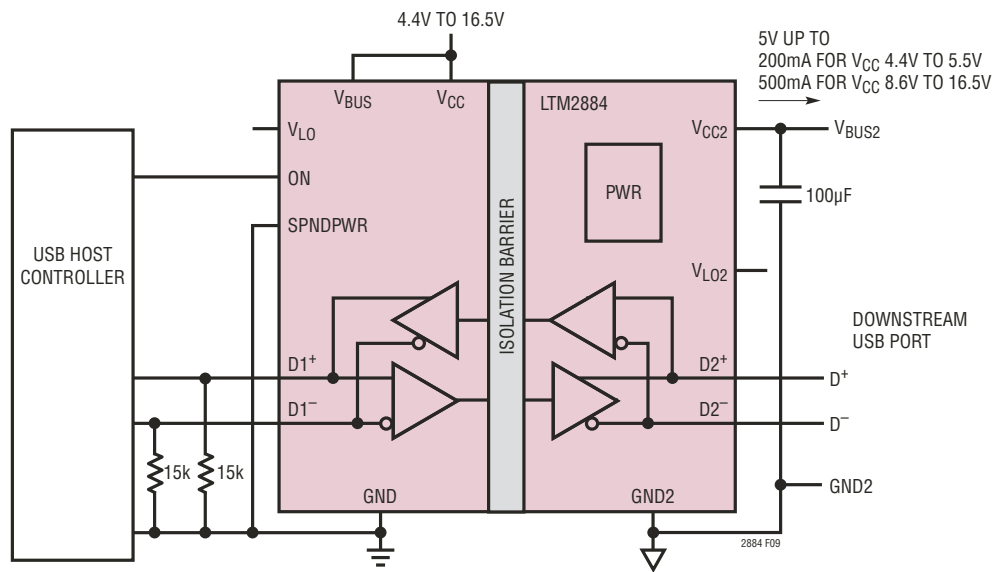


图 9 : USB 主机集成

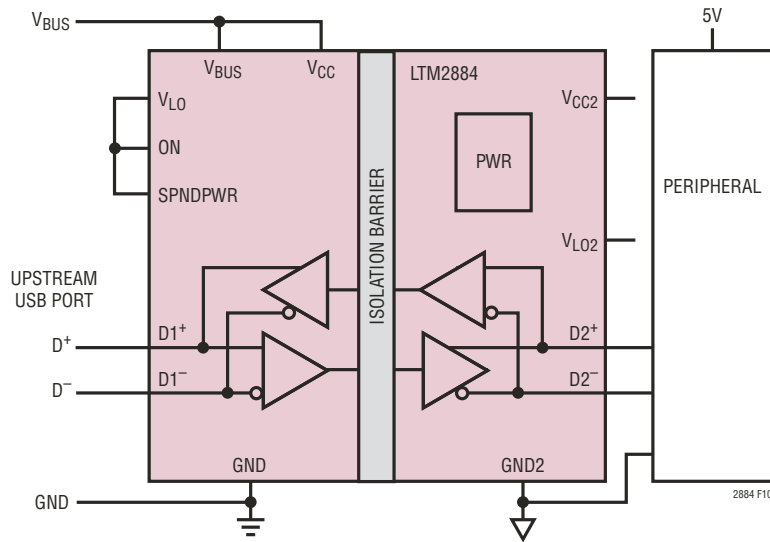


图 10 : 具 USB 隔离和低电流暂停功能的受电外设

## 典型应用

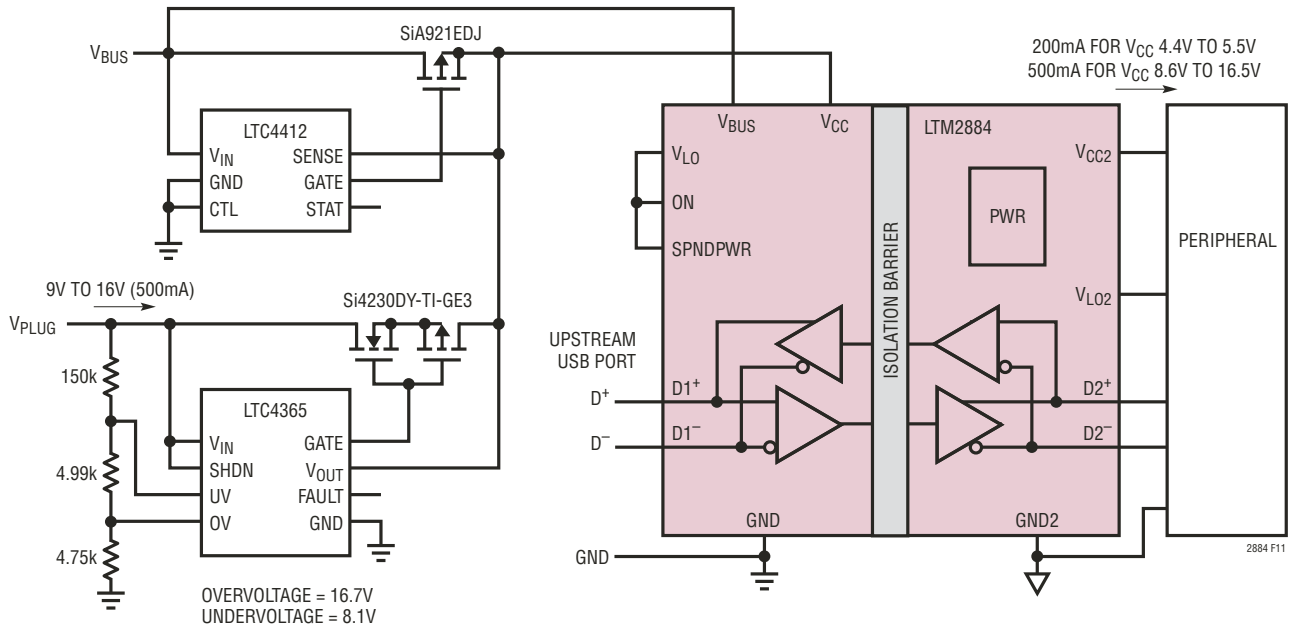


图 11：具低电流暂停和电源插拔检测功能的总线供电或自供电型 USB 隔离

## 典型应用

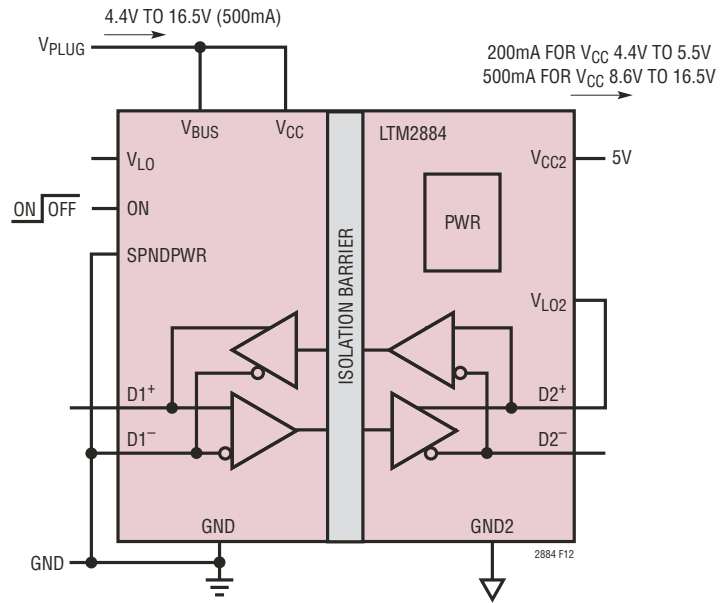
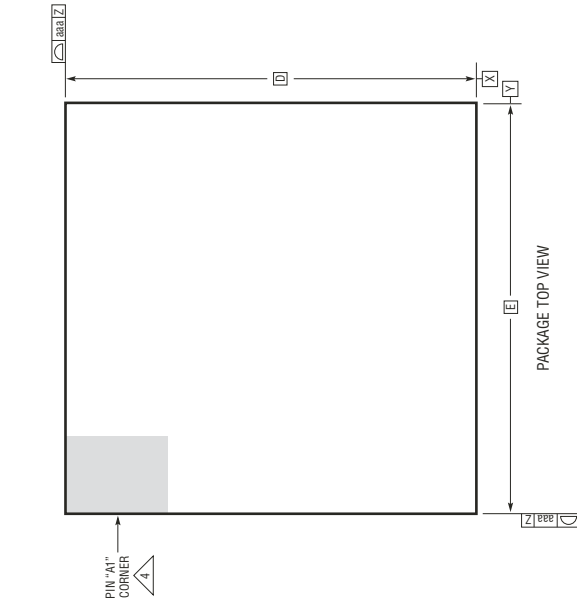
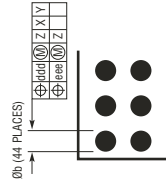
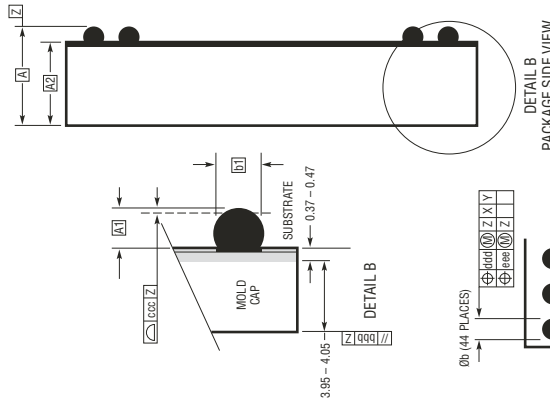
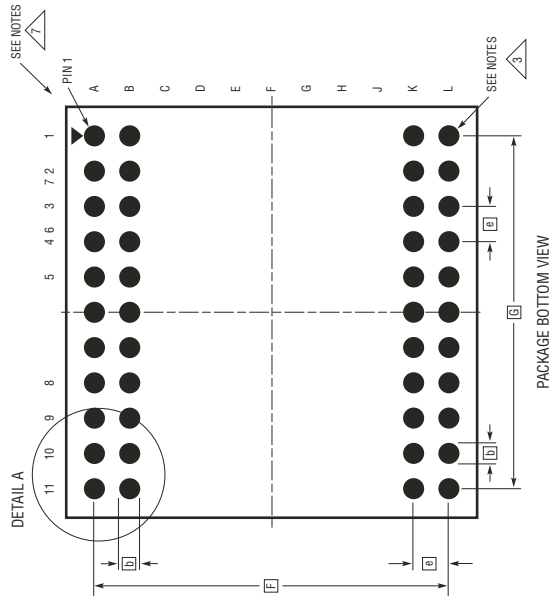


图 12 : 隔离式 1W 或 2.5W 电源

# 封装描述

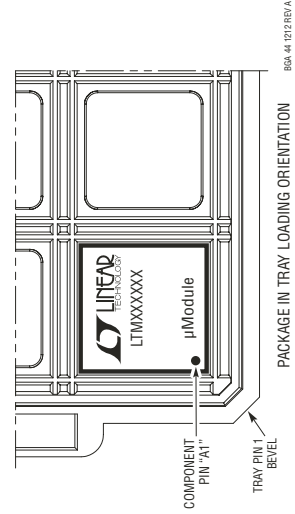
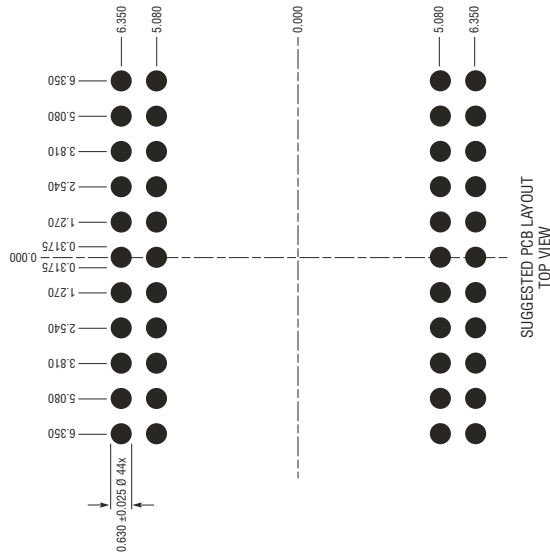
如需了解最近的封装图样，请登录 <http://www.linear.com.cn/designtools/packaging/>

## BGA 封装 44 引脚 (15mm × 15mm × 5.02mm) (参考 LTC DWG # 05-08-1881 Rev A)



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
  2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
  3. BALL DESIGNATION PER JEDEC MS-028 AND JEP95
  4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
  5. PRIMARY DATUM -Z- IS SEATING PLANE
  6. SOLDER BALL COMPOSITION CAN BE 96.5% Sn/3.0% Ag/0.5% Cu OR Sn Pb EUTECTIC
  7. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG  $\mu$ Module PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY

SYMBOL	DIMENSIONS			NOTES
	MIN	NOM	MAX	
A	4.82	5.02	5.22	
A1	0.50	0.60	0.70	
A2	4.32	4.42	4.52	
b	0.71	0.78	0.85	
b1	0.60	0.63	0.66	
D		15.0		
E		15.0		
e		1.27		
F		12.70		
G		12.70		
aaa		0.15		
bbb		0.10		
ccc		0.20		
ddd		0.30		
eee		0.15		
TOTAL NUMBER OF BALLS: 44				



## 典型应用

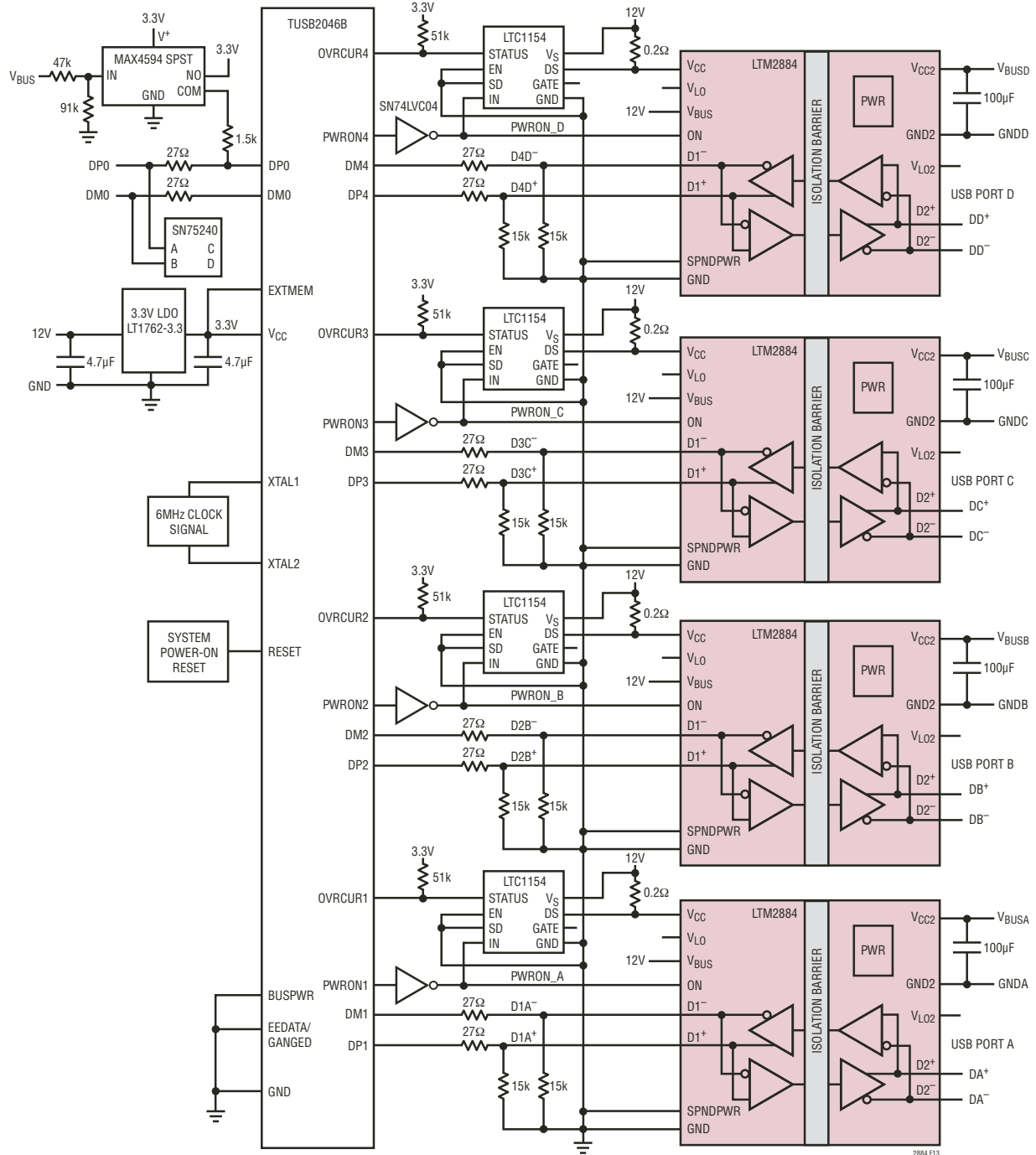


图 13：具独立隔离功能的自供电型 4 端口集线器

## 相关器件

器件型号	描述	备注
LTM2881	完整的隔离型 RS485/RS422 $\mu$ Module 收发器和电源	在表面贴装型 BGA 或 LGA 封装中提供 2500V <sub>RMS</sub> 隔离
LTM2882	具集成型 DC/DC 转换器的双通道、隔离型 RS232 $\mu$ Module 收发器	在表面贴装型 BGA 或 LGA 封装中提供 2500V <sub>RMS</sub> 隔离
LTM2883	具可调 $\pm 12.5V$ 和 5V 稳压电源的 SPI 或 I <sup>2</sup> C $\mu$ Module 隔离器	在表面贴装型 BGA 封装中提供 2500V <sub>RMS</sub> 隔离
LTM2892	SPI / 数字或 I <sup>2</sup> C 隔离式 $\mu$ Module	3500V <sub>RMS</sub> 隔离, 6 通道