

宽DTI(内部间隙)光耦合器适用于防爆工业体系和本质安全型解决方案

符传杰 CJ, 产品经理

2020年10月

GO with OPTO!
BROADCOM® OPTOCOUPPLERS

50
YEARS



 **BROADCOM®**

议程

- 防爆和什么是本质安全(intrinsic safety, IS)
- 本质安全应用中的电流隔离要求
- Broadcom光耦的基本信息与宽封装开发
- Broadcom光耦在本质安全应用中的优势

IEC 60079 和 ATEX

- IEC 60079是防爆的国际标准
- 在欧洲共同体中，ATEX指令已对这些法规做出明确规定
- 中国制定了自己的防爆标准GB3836系列标准
- ATEX 95设备指令，通过IEC 60079-x规定了爆炸性环境中电气设备的具体要求
- IEC 60079-11 (GB 3836.4) 定义了本质安全型“i”型保护

60079-x	保护类型
60079-0	一般要求
60079-1	隔爆外壳“d”
60079-2	加压外壳“p”
60079-5	粉末填充‘q’
60079-6	油浸“o”

60079-x	保护类型
60079-7	增加安全性“e”
60079-11	本质安全“i”
60079-13	加压室“p”
60079-15	无火花'n'
60079-18	封装“m”

什么是本质安全？

- 在易燃环境（气体、蒸汽或粉尘）中依然保持安全
- 原理是限制电路中的能量(电源)，通过设计手段使其避免出现高温、火花、火焰或电弧等。不存在发生爆炸的点火能量
- 为了**限制能量（电源）**，在电路级采取：
 - 串联保险丝或电阻器（限流）
 - 齐纳二极管(zener diode) 并联（电压V限制）
 - 带有屏障的电流隔离，以限制能量
- **隔离层将保持不变**



Intrinsic Safety (IS) 本质安全" i "的范畴



- IEC 60079-11有3个保护等级 - Ex ia, ib, ic
- 粉尘和气体形成危险区域
- 能量有限
 - 在SELV（安全超低电压）范围内的电压不得超过50V
- 示例
 - 低功耗设备仪表
 - PT、LT、变送器等传感器
 - 手持式照明灯

ia: 很高的点火保护等级；适用于0、1、2区
ib: 高点火保护等级；适用于1区，2区
ic: 提升点火保护等级；适用于2区

气体、蒸汽 或雾 (G)	爆炸性环境
0 区 Zone 0	总是存在，经常存在或长期存在
1 区 Zone 1	正常操作时偶尔发生
2 区 Zone 2	通常不会在正常操作中发生，或即便发生，其存在时间很短

注意事项：用户应向产品监管机构核实设计安全要求

本质安全和非本质安全电路之间的电流隔离



- IEC 60079-11划分了本质安全 (IS) 和非本质安全 (non-IS) 电路。隔离组件需要符合什么标准？
 - 定义IS和非IS之间的一般安全要求
 - 电气间隙、爬电距离、隔离、绝缘类型

IEC 60079-11表5间隙、爬电距离和隔离

Voltage (pk) V	Clearance mm		Separation distance through casting compound mm		Creepage mm	
	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic
30	2.0	0.8	0.7	0.2	2.0	1.3
60	3.0	0.8	1.0	0.3	3.0	1.9
90	4.0	0.8	1.3	0.3	4.0	2.1
190	5.0	1.5	1.7	0.6	8.0	2.5
375	6.0	2.5	2.0	0.6	10.0	4.0
550	7.0	4.0	2.4	0.8	15.0	6.3
750	8.0	5.0	2.7	0.9	18.0	10.0
1000	10.0	7.0	3.3	1.1	25.0	12.5
1300	14.0	8.0	4.6	1.7	36.0	13.0

注意事项：用户应向产品监管机构核实设计安全要求

本质安全和非本质安全电路之间的电流隔离



- Broadcom光耦合器通过复合要求满足高DTI或间隔距离。
- 隔离器的替代技术 (磁性、电容、射频) 无法满足DTI标准

IEC 60079-11表5间隙、爬电距离和隔离

Broadcom光耦合器符合本质安全标准

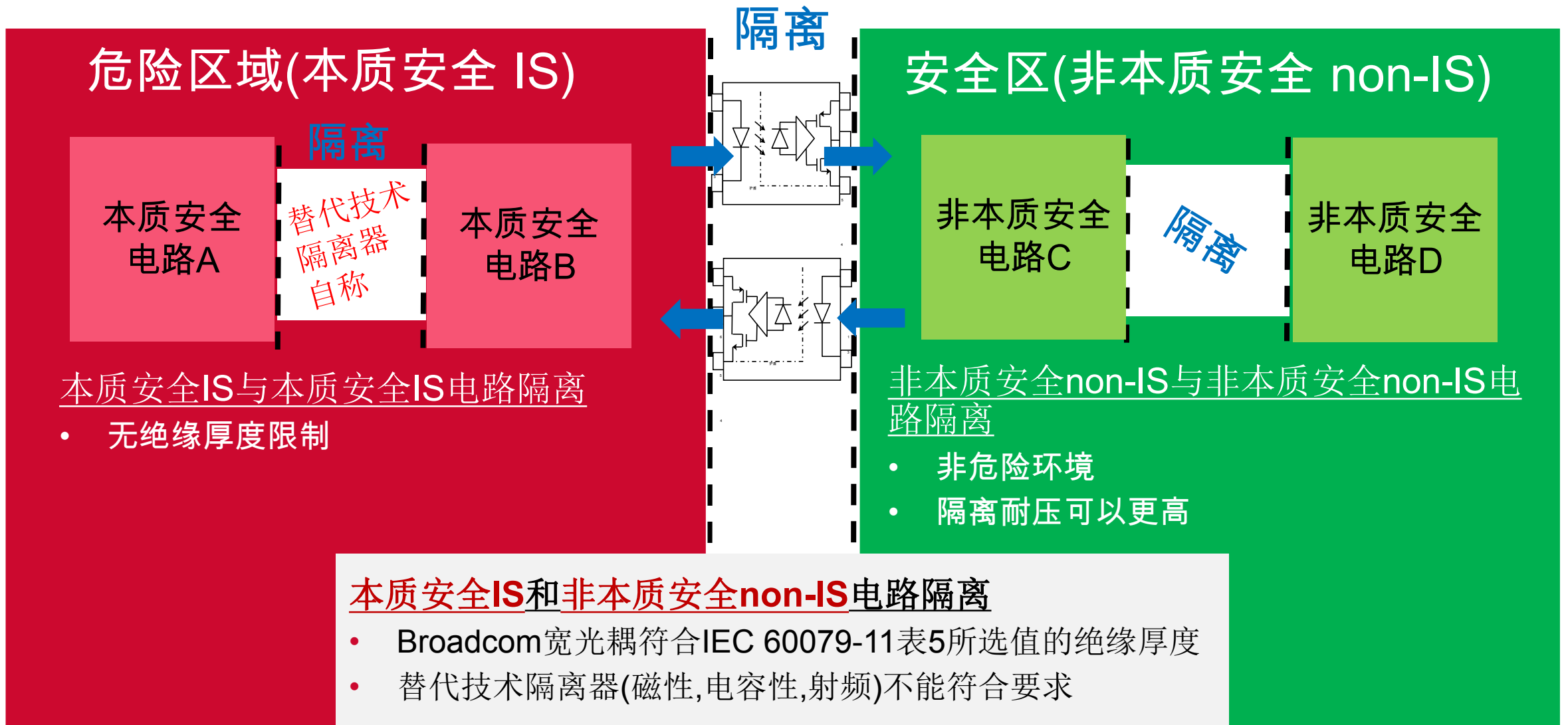
Voltage (pk) V	Clearance mm		Separation distance through casting compound mm		Creepage mm	
	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic
Level of protection						
30	2.0	0.8	0.7	0.2	2.0	1.3
60	3.0	0.8	1.0	0.3	3.0	1.9
90	4.0	0.8	1.3	0.3	4.0	2.1
190	5.0	1.5	1.7	0.6	8.0	2.5
375	6.0	2.5	2.0	0.6	10.0	4.0
550	7.0	4.0	2.4	0.8	15.0	6.3
750	8.0	5.0	2.7	0.9	18.0	10.0
1000	10.0	7.0	3.3	1.1	25.0	12.5
1300	14.0	8.0	4.6	1.7	36.0	13.0

部分# 标题	ACNV	ACNW, HCNW	ACNT	ACNU	ACPL-C
DTI (内部间隙)	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.5 mm	0.5 mm
爬电距离	13 mm	10 mm	15 mm	11 mm	8 mm
电气间隙	13 mm	9.6 mm	14.2 mm	10.5 mm	8 mm

Broadcom宽光耦爬电/间隙值

注意事项：用户应向产品监管机构核实设计安全要求

在不同(本质安全 IS 和非本质安全 non-IS)电路类型的电流隔离



注意事项：用户应向产品监管机构核实设计安全要求

光耦合器在本质安全和非本质安全隔离中的重要性

- 最新版IEC 60079-11中第10.11节“光学隔离器试验”为光耦合器添加新的测试要求
 - 热调节
 - 介电强度试验
 - 碳化试验
 - 过载试验
- 在本质安全(IS)和非本质安全(non-IS)隔离之间需要使用高质量的光耦合器
- 许多这类测试也可以在光耦的IEC 60747-5-5组件标准中找到

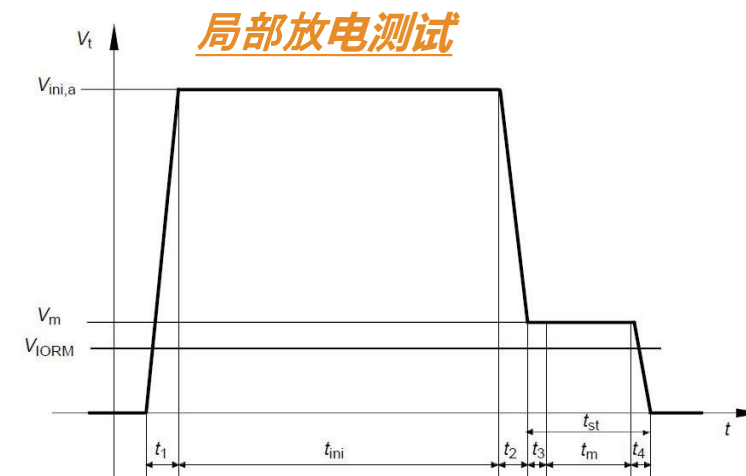
注意事项：用户应向产品监管机构核实设计安全要求

IEC 60079-11 — 与IEC 60747-5-5类似的光耦新试验要求

IEC 60079-11标准 本质安全“i” 设备保护	IEC 60747-5-5标准 光耦元件安全标准 鉴定/型式试验
10.11.2.1 接收器侧的过载测试	输出安全性试验（分组3） -最大输出电流或功耗，环境温度175°C，持续72小时
10.11.2.2 变送器过载试验	输入安全测试（分组2） -最大输入电流或功耗，环境温度175°C，持续72小时
10.11.2.3 热调节-烤箱6小时 介电强度测试3000V	分组2和分组3的最终测量测试 -方法“A”测试和绝缘电阻测量
10.11.3.5 介电强度测试	大多数分组测试的最终测量均超过1500V -方法“A”测试和绝缘电阻测量

IEC/EN/DIN EN 60747-5-5 Insulation Characteristics^a 来源:

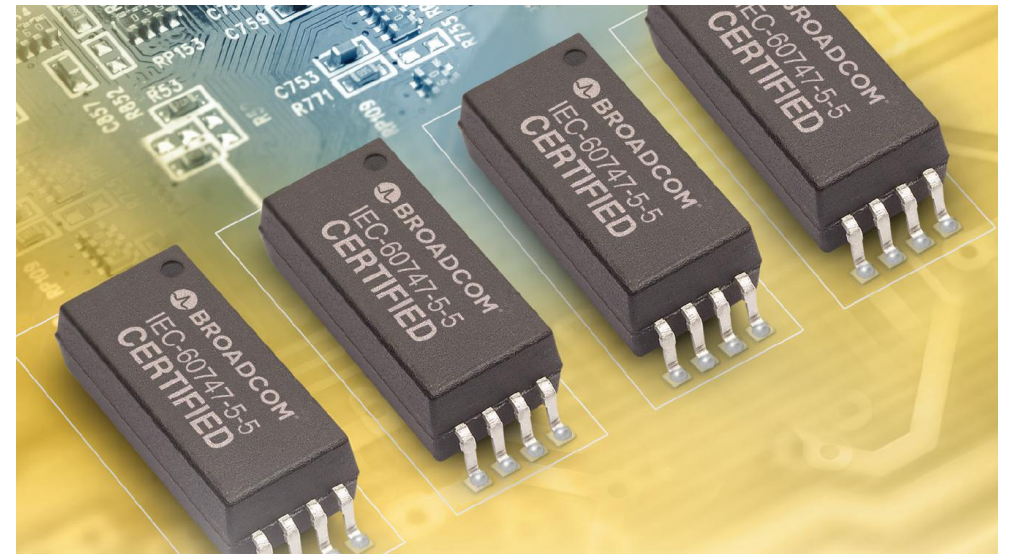
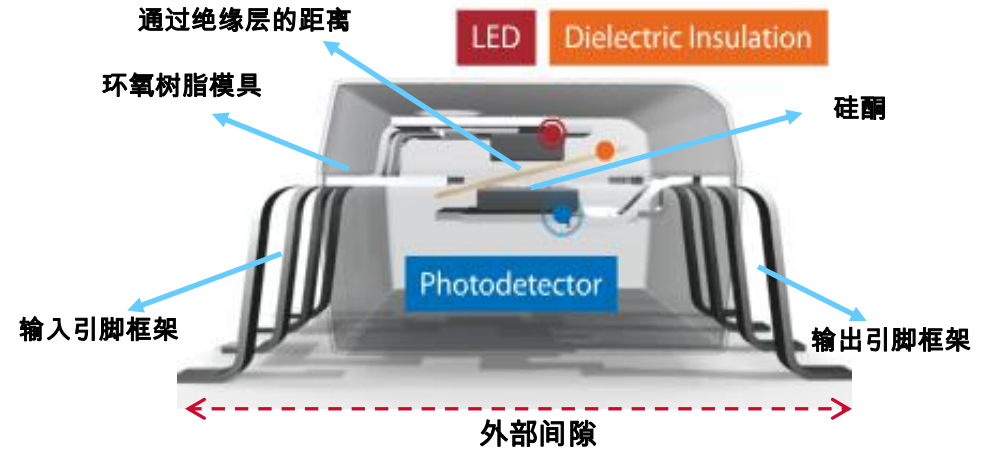
Description	Symbol	Characteristic	Unit
Installation Classification per DIN VDE 0110/1.89, Table 1 For Rated Mains Voltage $\leq 600 V_{rms}$ For Rated Mains Voltage $\leq 1000 V_{rms}$		I – IV I – III	
Climatic Classification		55/105/21	
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2	
Maximum Working Insulation Voltage	V_{IORM}	2262	V_{peak}
Input to Output Test Voltage, Method b ^a $V_{IORM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100% Production Test with $t_m = 1$ sec, Partial Discharge < 5 pC	V_{PR}	4241	V_{peak}
Input to Output Test Voltage, Method a ^a $V_{IORM} \times 1.6 = V_{PR}$, Type and Sample Test, $t_m = 10$ sec, Partial Discharge < 5 pC	V_{PR}	3619	V_{peak}
Highest Allowable Overvoltage (Transient Overvoltage $t_{ini} = 60$ sec)	V_{IOTM}	12000	V_{peak}
Safety-Limiting Values — Maximum Values Allowed in the Event of a Failure			
Case Temperature	T_S	150	°C
Input Current ^b	$I_{S, INPUT}$	400	mA
Output Power ^b	$P_{S, OUTPUT}$	1	W
Insulation Resistance at T_S , $V_{IO} = 500V$	R_S	$>10^9$	Ω



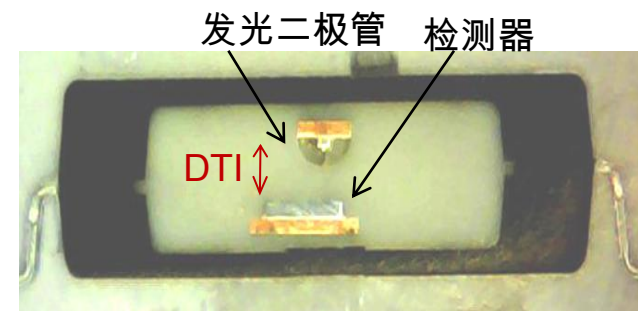
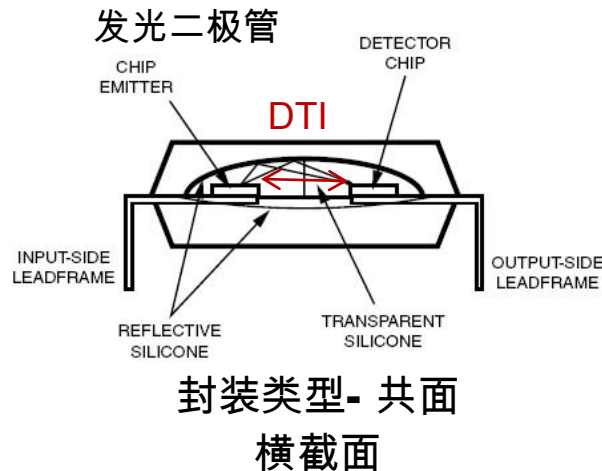
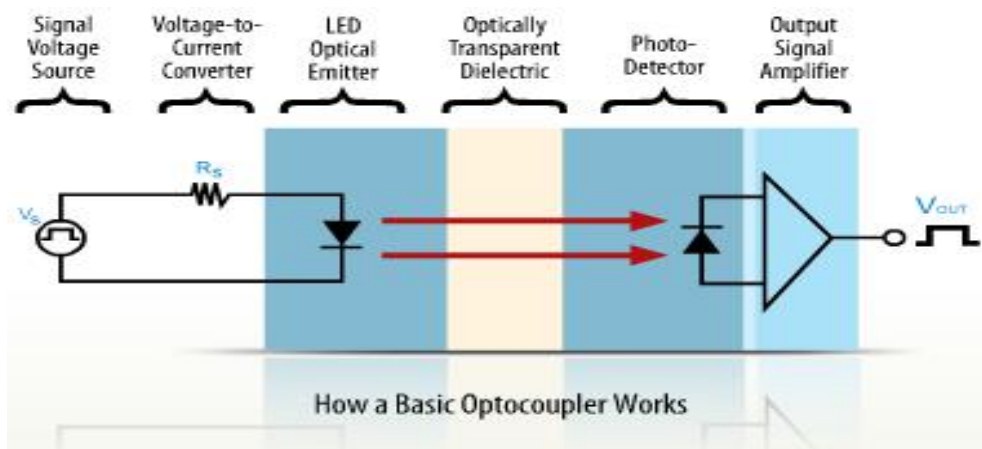
方法A :

IEC 60747-5-5认证 (故障安全隔离)

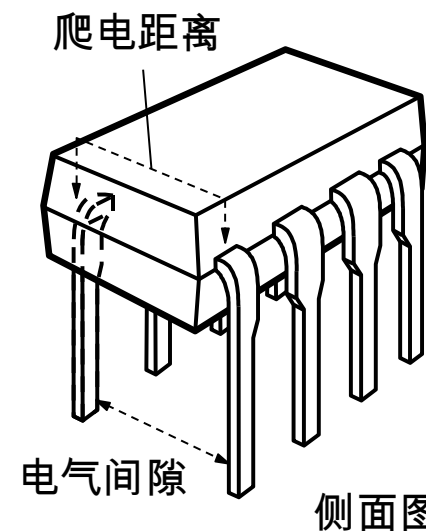
- 光耦在发生故障时保持安全隔离
 - 集成电路和发光二极管与绝缘介质分开，绝缘介质由两层硅树脂之间的卡普顿胶带组成。
 - 卡普顿不容易融化或燃烧。UL-94可燃性等级V-0
- 所有Broadcom光耦合器均通过IEC 60747-5-5认证
- IEC 60747-5-5被业界公认为隔离产品标准。在进行局部放电试验和浪涌试验之前，器件要经过一系列严格的环境预处理



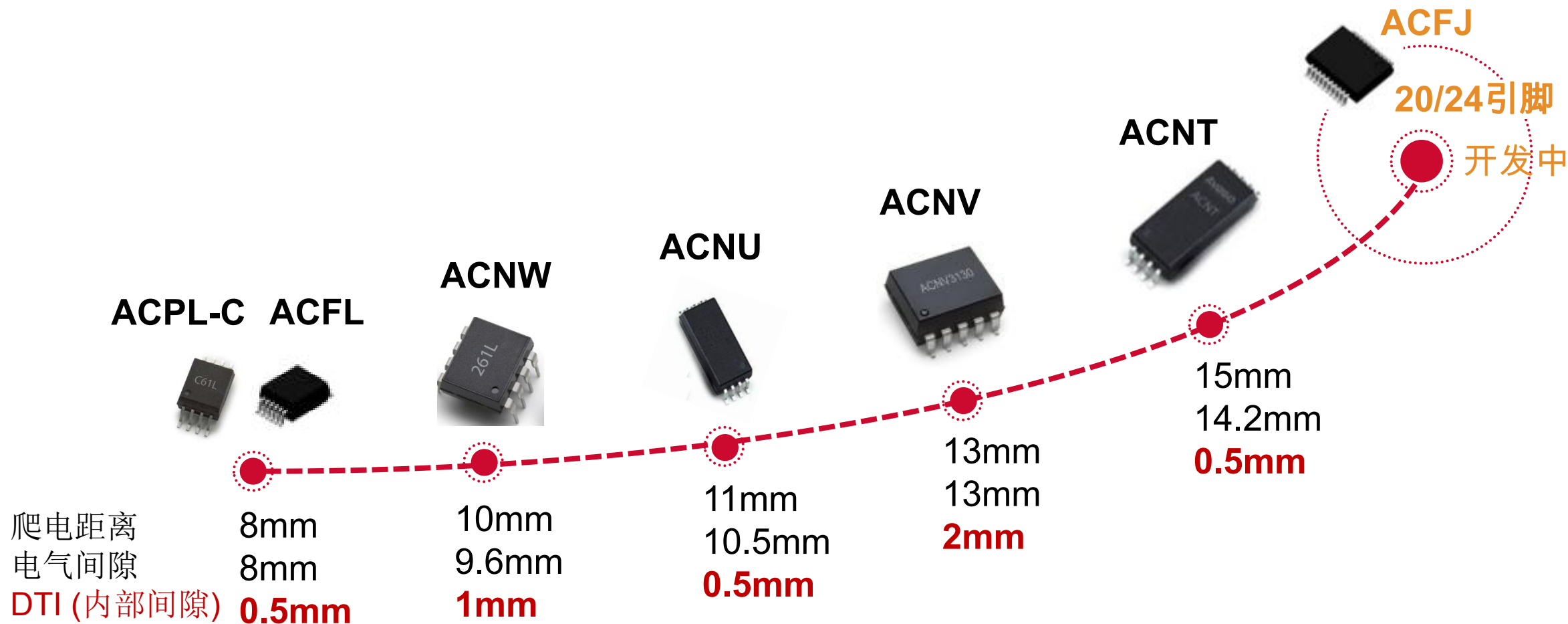
Broadcom光电耦合器结构



- 爬电距离（表面距离）
 - 两相邻导体或一个导体与相邻电机壳表面的沿绝缘表面测量的最短距离
- 电气间隙（气隙距离）
 - 两相邻导体或一个导体与相邻电机壳表面的沿空气测量的最短距离
- 绝缘穿透距离，DTI（内部间隙）
 - 光耦合器腔内LED与光电检测器之间的距离



Broadcom光电耦合器宽体封装开发



更高的爬电距离, 更高的电气间隙



光耦支持本质安全应用

- 2mm DTI光耦ACNV260E符合EN60079-11 ATEX和IECEx
- 保险商实验室(UL)测试结果可用

现场变送器隔离 (流量/压力/温度)



流量计



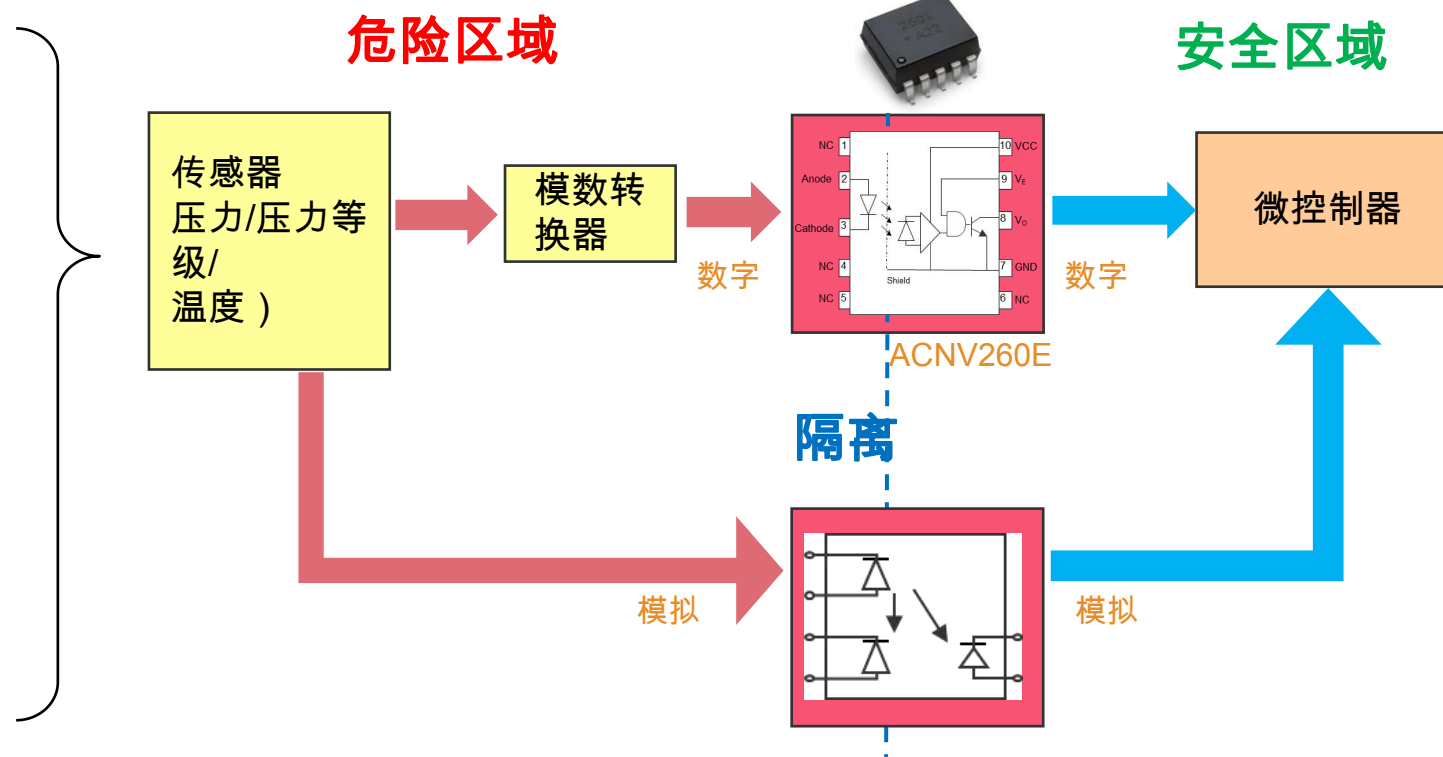
液位测量变送器



压力变送器

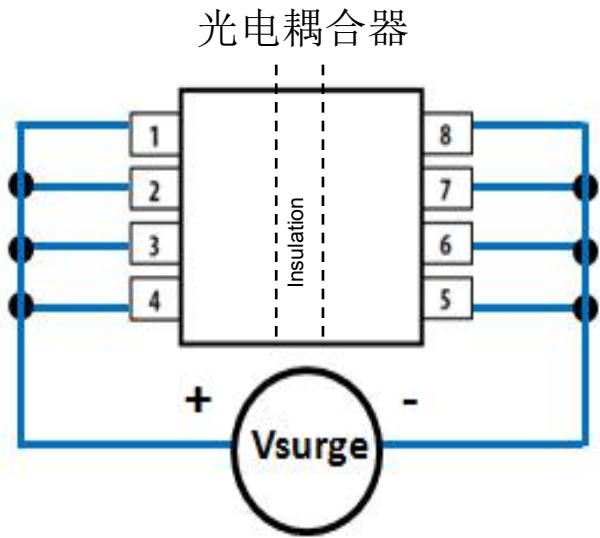


温度变送器



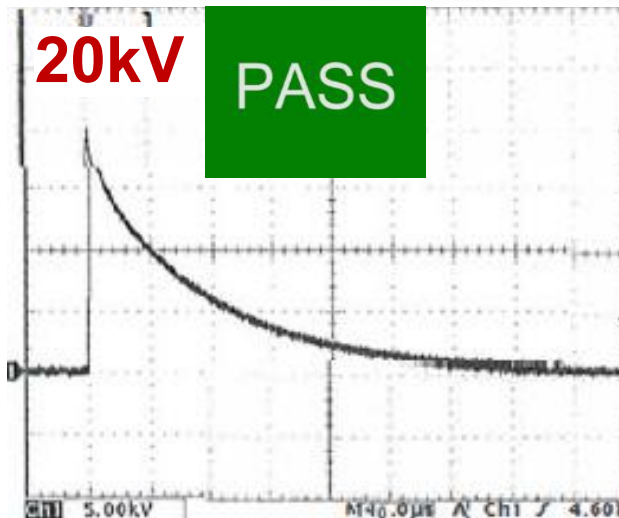
高压浪涌抗扰度测试

- 1.2 /50 μ s浪涌测试曲线符合IEC 60065的10.1节（音频，视频和类似电子设备 - 安全要求）
- 测量浪涌前后的绝缘电阻。
在 $V_{IO}=500V$, $t = 1min$ 时通过标准 $R_{IO}\geq 10^9\Omega$



Broadcom光电耦合器通过20kV浪涌测试

Job No :	214080705
Client :	Avago Technologies
Product :	ACPL-W61L
Condition :	Internal Solid Insulation Survey with refer to standard IEC60747-5-5, IEC60664-1 and IEC60060-1 Impulse Voltage test (1.2/50 μ s waveform) Primary(Input) \leftrightarrow Secondary(Output) Positive polarity



资料来源: Broadcom
ACPL-W61L
TUV测试报告

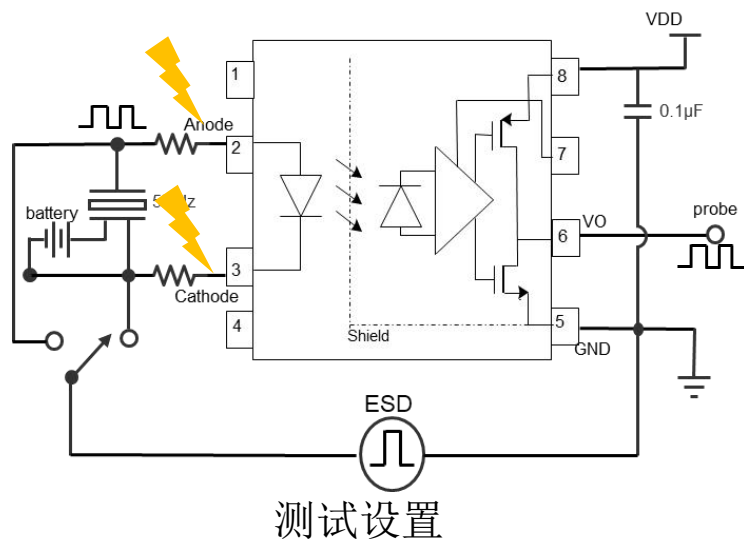
ESD抗扰度测试 - IEC 61000-4-2

- 在测试期间，ACNT-H61L光电耦合器以10MBd的数据速率上电和运行。 LED 侧面浮地（电池）
- 触点放电8kV施加在2点 - LED阳极和LED阴极
- 测试结果和观察 -
 - 在施加8kV接触放电期间没有性能下降
 - 在测试期间和之后，输出信号保持正常操作



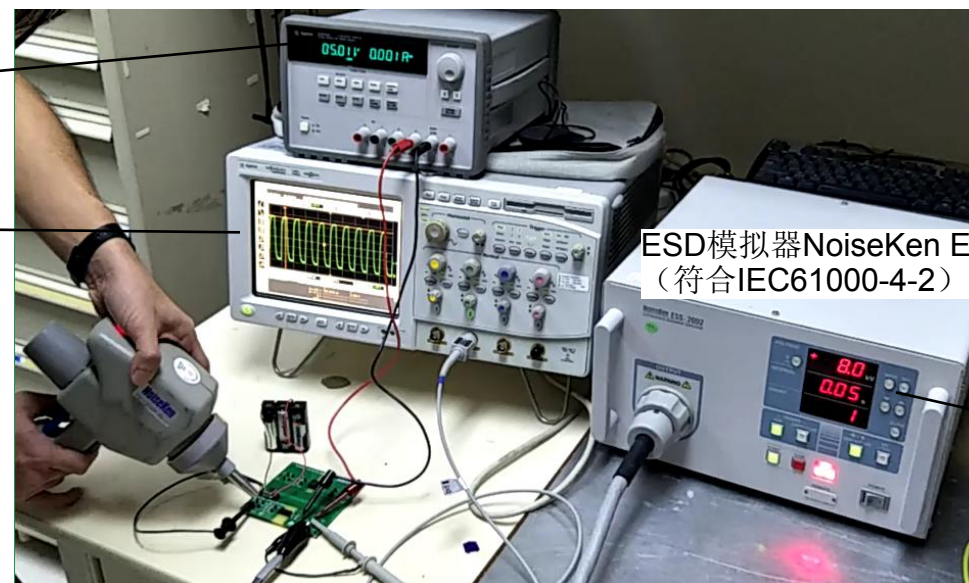
视频

<https://www.allaboutcircuits.com/industry-articles/integration-of-isolation-products-to-protect-from-electrostatic-discharge/>



输出VDD ←

输出信号 ←

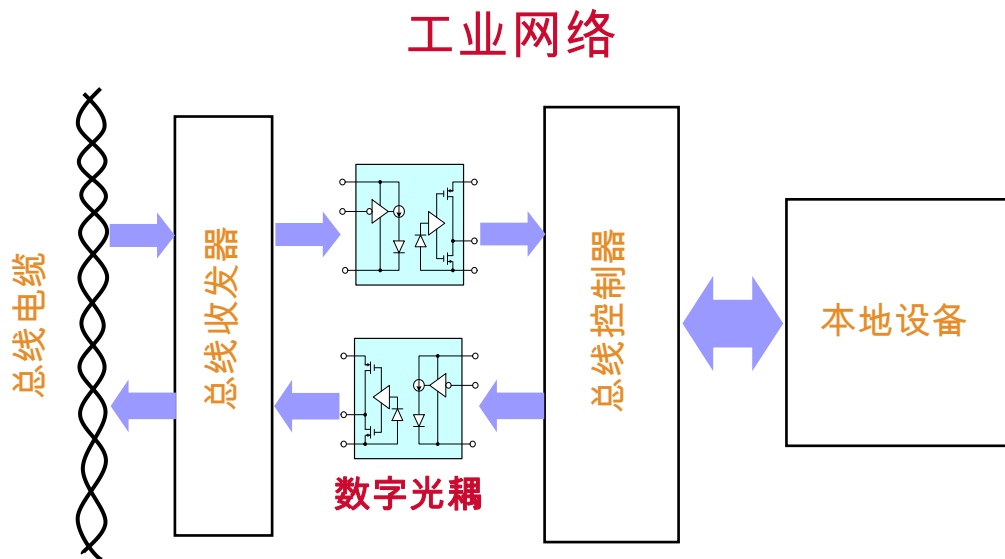


ESD模拟器NoiseKen ESS-2002
(符合IEC61000-4-2)

8kV接触放电

光耦无误数据

- 在工业网络解决方案中，光耦合器同时提供电绝缘和信号隔离。

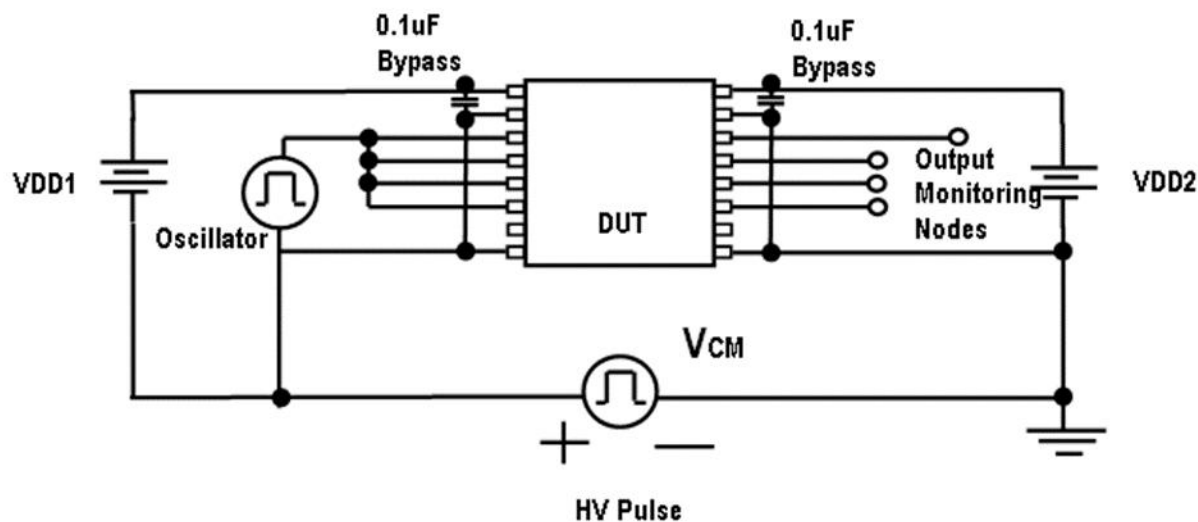


- 共模瞬态抗扰度 (CMTI) – 光耦的关键特性。抑制高压快速瞬态噪声信号能力的测量
 - 静态CMTI – 输出为静态，不切换。数据处于逻辑高电平或低电平
 - 动态CMTI – 输出在高电平或低电平之间切换

动态CMTI详细信息

- 在额定数据速度下测试。对于10MBd光耦合器，输入方波将以5MHz切换
- 高压脉冲， $V_{CM}=1000V$ 或 $1500V$
- 合格/不合格标准-对于10MBd光耦合器，脉冲宽度失真（PWD） $<10ns$

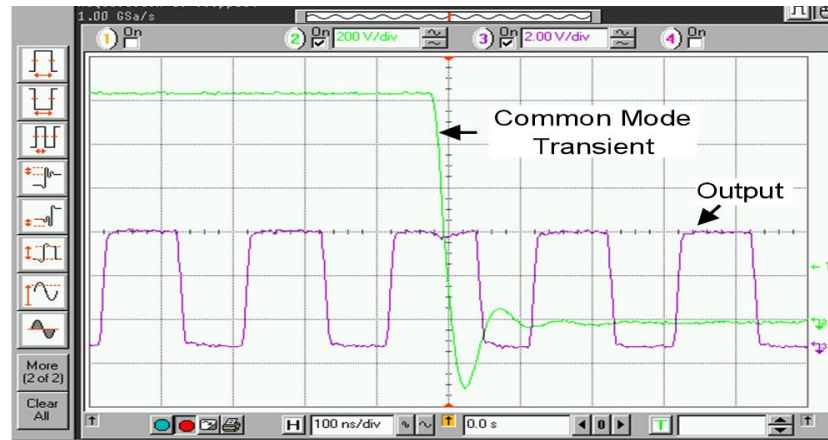
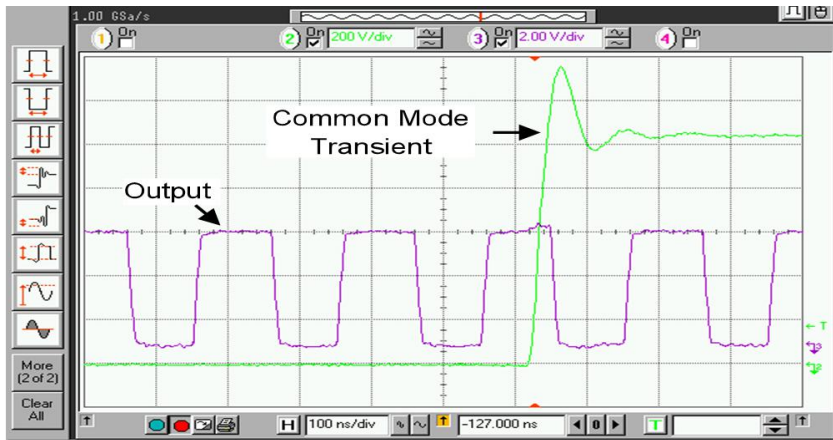
动态CMTI测试电路



光耦动态CMTI性能

典型10MBd数字光耦的CMTI规范-ACPL-C61L

参数	符号	典型值	测试条件
逻辑高电平输出时的静态共模瞬态抗扰度	$ CM_H $	35kV/ μ s	$V_{CM} = 1000V, T_A = 25^\circ C, I_F = 0 \text{ mA}, C_L = 15 \text{ pF}$ P/F 标准- CMOS 信号电平
逻辑低电平输出时的静态共模瞬态抗扰度	$ CM_L $	35kV/ μ s	$V_{CM} = 1000V, T_A = 25^\circ C, I_F = 5 \text{ mA}, C_L = 15 \text{ pF}$ P/F 标准- CMOS信号电平
动态共模瞬态抗扰度	CMR_D	35kV/ μ s	$V_{CM} = 1000V, T_A = 25^\circ C, I_F = 0 / 5 \text{ mA}, C_L = 15 \text{ pF}$ 10MBd数据速率, P/F 标准- PWD绝对增长 < 10ns



Broadcom 10MBd光耦，
ACPL-C61L

高压瞬变几乎不会在输出中
引起纹波

15mm延展型SO8封装的1 MBd光耦 ACNT-H511C

新发布
2020年4月



特性:

- CTI:600 V (绝缘材料组I)
- UL1577隔离电压Viso:7500 Vrms
- 工作电压Viorm:2262 Vpk
- 瞬态过电压Viotm: 12000 Vpk
- 浪涌隔离电压Viosm: >12000 Vpk
- DTI:0.5mm
- 封装: 15mm延展型SO8
- 宽电源电压: : 4.5V - 24V
- 电源电流: : ICCL ≤ 400 A max
- 输入正向电流, IF:10-18mA
- CTR ≥ 31% at IF = 12mA
- 传播延迟: 最高2μs
- CMR: 40 kV/μs typ @Vcm 1.5kV
- 工作温度: -40 至 105°C

优势:

- 最小爬电距离的1/2, 因此节省了空间
- 更好的LED寿命投影
- 采用SMT封装, 易于安装在电路板上
- 更严格的电气规格保证
- 优异的CMR抗噪性能

应用

- 牵引功率变换器
- 690Vac电源 (液压、可再生能源等)
- 模拟反馈隔离
- 数据转换器隔离
- 开关电源

Table 10 – Creepage distances (mm)

Column 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Working voltage (r.m.s.) (V)	PWBs ^a		Other insulators								
	Pollution degree		Pollution degree								
	1	2	1	2			3				
	b	c	b	Insulating material group			Insulating material group				
			I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb	
≤ 2	0,025	0,04	0,056	0,35	0,35	0,35	0,87	0,87	0,87		
5	0,025	0,04	0,065	0,37	0,37	0,37	0,92	0,92	0,92		
10	0,025	0,04	0,08	0,40	0,40	0,40	1,0	1,0	1,0		
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50	1,25	1,25	1,25		
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3		
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,1	1,4	1,6	1,8		
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20	1,5	1,7	1,9		
63	0,04	0,063	0,20	0,63	0,90	1,25	1,6	1,8	2,0		
80	0,063	0,10	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1		
100	0,10	0,16	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2		
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4		
160	0,25	0,40	0,32	0,80	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5		
200	0,40	0,63	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2		
250	0,56	1,0	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0		
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0		
400	1,0	2,0	1,0	2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3		
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0		
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0		
800	2,4	4,0	2,4	4,0	5,6	8,0	10,0	11	12,5	e	
1 000	3,2	5,0	3,2	5,0	7,1	10,0	12,5	14	16		
1 250	4,2	6,3	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20		

CTI600V : Insulating material group UPGRADE from Group IIIa to Group 1
 → Minimum Creepage requirement will reduce by ½ (Eq 10.0mm to 5.0mm)

15mm延展型SO8封装10 MBd数字光耦合器 ACNT-H61LC

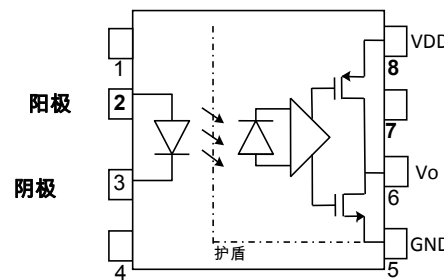
将发布
2020年10月

特性：

- CTI: 600 V (绝缘材料组I)
- UL1577隔离电压Viso : 7500 Vrms
- 工作电压Vform : 2262 Vpk
- 瞬态过电压Viotm : 12000 Vpk
- 浪涌隔离电压Viosm : >12000 Vpk
- DTI : 0.5mm
- 封装 : ≥15mm爬电延展型SO-8
- 工作温度 : -40°C至105°C
- 3.3V和5V CMOS
- 低功率IDD : ≤2mA (最高值)
- 正向电流 (I_F最小值为4.5mA)
- 传播延迟 (t_p) : 最高100ns
- 脉冲宽度失真 (PWD) : 最高40ns
- 传播延迟偏差 (t_{psk}) : 最高40ns
- CMR: 35 kV/μs min @ V_{cm} 1000V

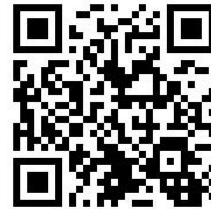
应用

- 将监管机构的爬电要求降低
- 1500V直流母线中加强绝缘
- 牵引功率变换器
- 可再生能源逆变器
- 医疗影像、病人监测
- 高压电力系统，如690V驱动器
- 通讯接口：RS-485, CAN 总线
- A/D、D/A转换的数字隔离



信息来源、销售和设计工具

- 选择目录: AV00-0254EN
- 表面贴装包装指南
- SPICE模型
- 评估板
- <https://www.broadcom.com/info/go-with-opto>



选择指南



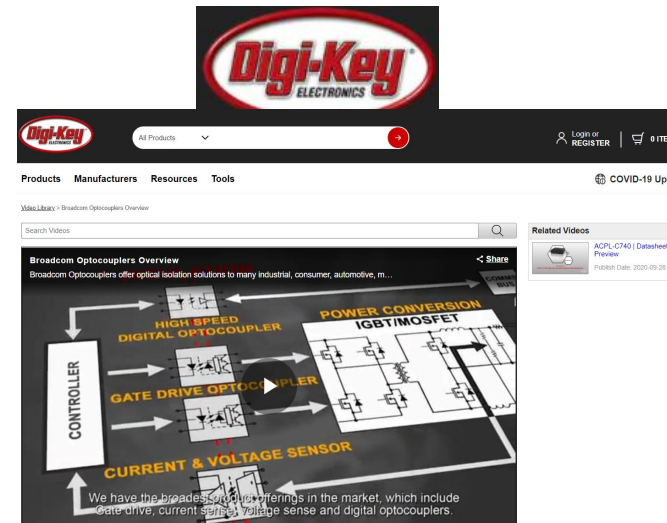
表面贴装包装指南

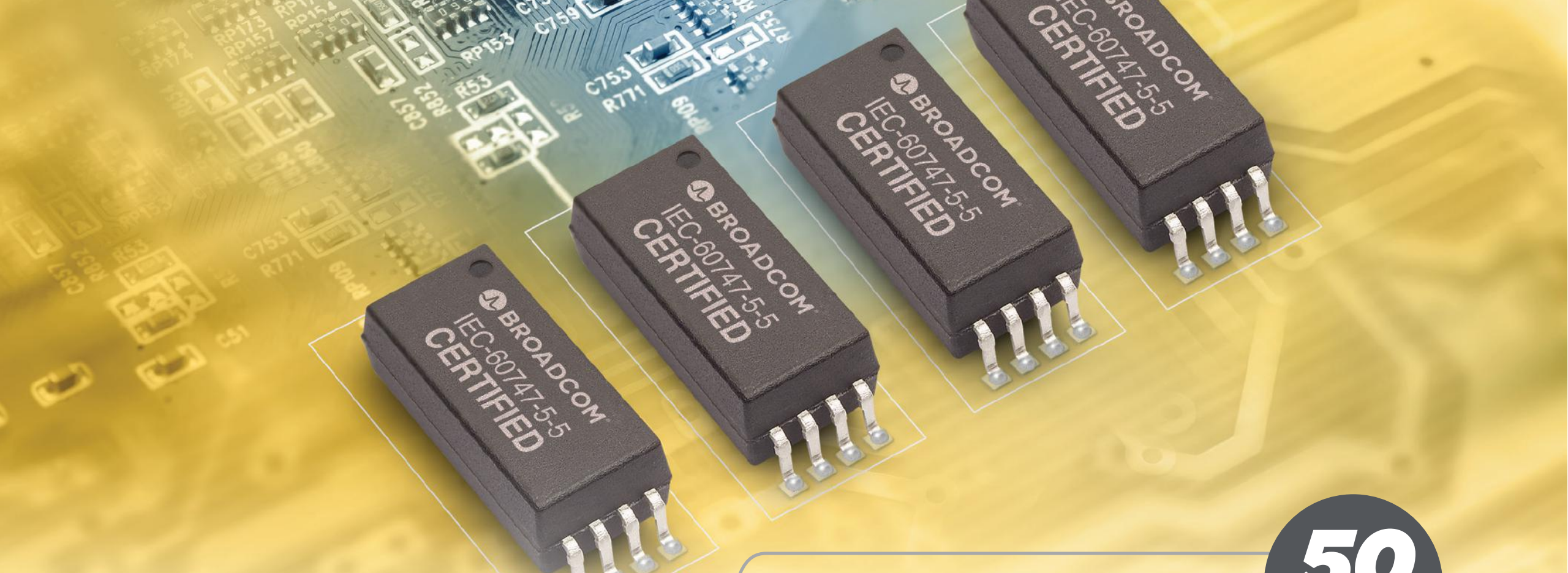
- 社交媒体和在线目录渠道合作伙伴



Optocoupler video:

<https://youtu.be/3ZRFhILSc90>





Q & A

GO with **OPTO!**
BROADCOM® OPTOCOUPERS

50
YEARS

 **BROADCOM®**



BROADCOM®

connecting everything®