

带集成式变压器驱动器的 ISO774xT-Q1 高速强化型四通道数字隔离器

1 特性

- 符合汽车应用 AEC-Q100 要求
- 器件温度等级 1：-40°C 至 125°C 环境工作温度范围
- 功能安全型
 - 有助于进行 ISO 26262 系统设计的文档
- 100Mbps 数据速率
- 稳健可靠的隔离栅：
 - 在 1500V_{RMS} 工作电压下预计寿命超过 30 年
 - 额定值为 5000V_{RMS}
 - 浪涌能力高达 12.8kV
 - 适用于数字隔离器的 $\pm 150\text{kV}/\mu\text{s}$ 的典型 CMTI
- 宽电源电压范围：2.25V 至 5.5V
- 2.25V 至 5.5V 电平转换
- 默认输出高电平 (ISO774xT) 与低电平 (ISO774xFT) 选项
- 低功耗，1Mbps 时每通道的电流典型值为 1.5mA
- 低传播延迟：5V 时典型值为 10.7ns
- 优异的电磁兼容性 (EMC)
 - 系统级 ESD、EFT 和浪涌抗扰性
- 用于变压器的推挽式驱动器
- 高输出驱动：5V 电源时最大电流为 0.7A
- 低 R_{ON}，4.5V 电源时的最大值为 0.4Ω
- 扩频时钟
- 采用 5V 电源时，变压器驱动器的电流限制典型值为 1.75A。
- 安全相关认证 (待审核)：
 - DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17)
 - UL 1577 组件认证计划
 - IEC 61010-1、IEC 62368-1、IEC 60601-1 和 GB 4943.1 认证

2 应用

混合动力、电动和动力总成系统 (EV/HEV)

- 电池管理系统 (BMS)
- 车载充电器
- 牵引逆变器与电机控制
- 直流/直流转换器

车身电子装置

- 汽车泊车加热器模块
- HVAC 控制模块

3 说明

ISO774xT-Q1 是一款集成了变压器驱动器，隔离等级为 5000V_{RMS}，并且符合 UL 1577 标准的 1 级高性能四通道数字隔离器。符合 VDE、CSA、TUV 以及 CQC 标准的增强型绝缘等级。

在隔离互补金属氧化物半导体 (CMOS) 或低电压互补金属氧化物半导体 (LVCMOS) 数字 I/O 的同时，ISO774xT-Q1 器件还能够在提供高电磁抗扰度与低辐射的同时，具备低功耗特性。每条隔离通道的逻辑输入和输出缓冲器均由双电容二氧化硅 (SiO₂) 绝缘栅相隔离。如果输入电源或信号丢失，不带后缀 F 的器件默认输出高电平，带后缀 F 的器件默认输出低电平。更多详细信息，请参阅 [器件功能模式](#) 部分。

ISO774xT-Q1 包含低噪声、低 EMI 的推挽式变压器驱动器，专为小型隔离式电源而设计。变压器驱动器通过一个 2.25V 至 5.5V 的直流电源，驱动薄型中间抽头变压器。通过输出开关电压的压摆率控制和展频时钟 (SSC) 实现了极低噪声和 EMI。ISO774xT-Q1 由一个振荡器与一个栅极驱动器电路组成，该栅极驱动器电路能够提供驱动接地参考 N 沟道电源开关的互补输出信号。该器件包含两个 0.7A 的功率 MOSFET 开关，以便确保在重负载条件下正常启动。内部保护特性包括 1.75A 限流、欠压锁定、热关断和先断后合电路。ISO774xT-Q1 具有软启动特性，能够防止大负载电容器在上电期间出现高浪涌电流。ISO774xTAQ1 具有适用于需要最大限度降低辐射的应用的 160kHz 内部振荡器；ISO774xTBQ1 具有适用于需要更高效率与更小变压器尺寸的应用的 420kHz 内部振荡器。

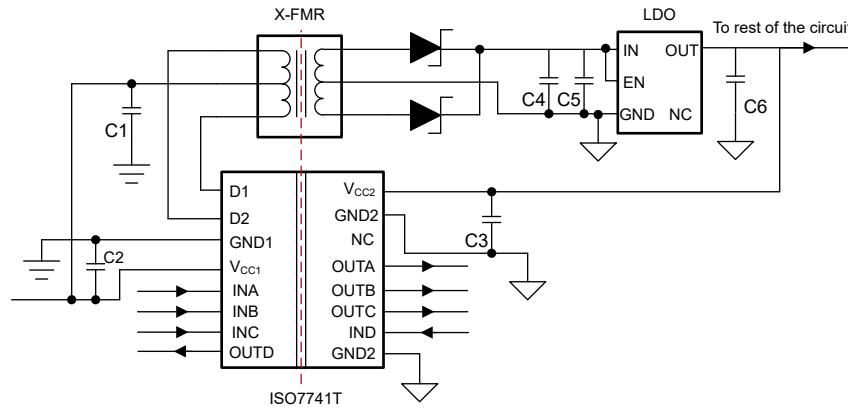
ISO774xT-Q1 采用 16 引脚 DW 封装。该器件的运行温度范围为 -40°C 至 125°C。



封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 (标称值)	封装尺寸 ⁽²⁾
ISO7741Tx-Q1	DW (SOIC , 16)	10.30mm × 7.50mm	10.30mm × 10.30mm
ISO7741FTx-Q1	DW (SOIC , 16)	10.30mm × 7.50mm	10.30mm × 10.30mm
ISO7742Tx-Q1	DW (SOIC , 16)	10.30mm × 7.50mm	10.30mm × 10.30mm
ISO7742FTx-Q1	DW (SOIC , 16)	10.30mm × 7.50mm	10.30mm × 10.30mm

- (1) 有关所有可用封装, 请参阅节 11。
 (2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值, 并包括引脚 (如适用)。



简化版原理图

内容

1 特性	1	5.19 绝缘特性曲线.....	21
2 应用	1	5.20 典型特性.....	22
3 说明	1	6 参数测量信息	25
4 引脚配置和功能	4	7 详细说明	27
引脚功能.....	5	7.1 概述.....	27
5 规格	6	7.2 功能方框图.....	28
5.1 绝对最大额定值.....	6	7.3 特性说明.....	29
5.2 ESD 等级.....	6	7.4 器件功能模式.....	30
5.3 建议运行条件.....	7	8 应用和实施	32
5.4 热性能信息.....	8	8.1 应用信息.....	32
5.5 功率等级.....	8	8.2 典型应用.....	32
5.6 绝缘规格.....	9	8.3 电源相关建议.....	41
5.7 安全相关认证.....	10	8.4 布局.....	41
5.8 安全限值.....	10	9 器件和文档支持	43
5.9 变压器电气特性.....	11	9.1 文档支持.....	43
5.10 电气特性 - 5V 电源.....	12	9.2 接收文档更新通知.....	43
5.11 电源电流特性 - 5V 电源.....	13	9.3 支持资源.....	43
5.12 电气特性 - 3.3V 电源.....	14	9.4 商标.....	43
5.13 电源电流特性 - 3.3V 电源.....	15	9.5 静电放电警告.....	43
5.14 电气特性 - 2.5V 电源.....	16	9.6 术语表.....	43
5.15 电源电流特性 - 2.5V 电源.....	17	10 修订历史记录	43
5.16 开关特性 - 5V 电源.....	18	11 机械、封装和可订购信息	44
5.17 开关特性 - 3.3V 电源.....	19	11.1 卷带包装信息.....	48
5.18 开关特性 - 2.5V 电源.....	20		

4 引脚配置和功能

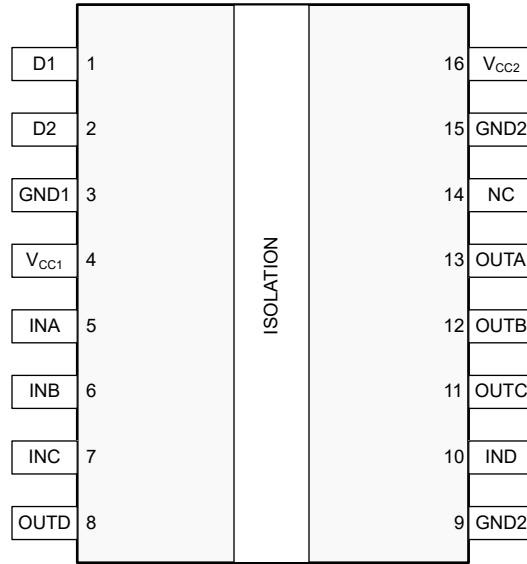


图 4-1. ISO7741T DW 封装 (顶视图)

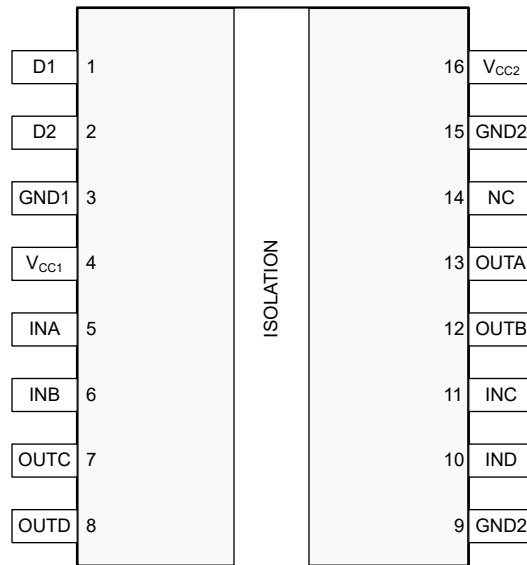


图 4-2. ISO7742T DW 封装 (顶视图)

引脚功能

名称	引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
	ISO7741Tx/ ISO7741FTx	ISO7742Tx/ ISO7742FTx		
D1	1	1	O	第一个功率 MOSFET 的开漏输出。通常连接中心抽头变压器的外部端子。由于大电流流经这些引脚，因此必须保持引线外部短路。
D2	2	2	O	第二个功率 MOSFET 的开漏输出。通常连接中心抽头变压器的外部端子。由于大电流流经这些引脚，因此必须保持引线外部短路。
GND1	3	3	—	V _{CC1} 的接地连接
GND2	9	9	—	V _{CC2} 的接地连接
	15	15		
INA	5	5	I	输入，通道 A
INB	6	6	I	输入，通道 B
INC	7	11	I	输入，通道 C
IND	10	10	I	输入，通道 D
NC	14	14	—	未连接
OUTA	13	13	O	输出，通道 A
OUTB	12	12	O	输出，通道 B
OUTC	11	7	O	输出，通道 C
OUTD	8	8	O	输出，通道 D
V _{CC1}	4	4	—	电源，侧 1
V _{CC2}	16	16	—	电源，侧 2

(1) I = 输入，O = 输出

5 规格

5.1 绝对最大额定值

请参阅⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
V_{CC1} 、 V_{CC2}	电源电压 ⁽²⁾	-0.5	6	V
V	INx、OUTx 处的电压	-0.5	$V_{CCX} + 0.5$ ⁽³⁾	V
D1, D2	输出开关电压		16	V
$I_{(D1)Pk}$ 、 $I_{(D2)Pk}$	峰值输出开关电流		2.4	A
I_O	输出电流	-15	15	mA
T_J	结温	-40	150	°C
T_{stg}	贮存温度	-65	150	°C

- (1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
- (2) 差分 I/O 总线电压以外的所有电压值均为相对于本地接地端子 (GND1 或 GND2) 的峰值电压值。
- (3) 最大电压不得超过 6V。

5.2 ESD 等级

		值	单位	
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 HBM ESD 分类等级 3A ⁽¹⁾	±6000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 V CDM ESD 分类等级 C6	±1500	V

- (1) AEC Q100-002 指示 HBM 应力测试应当符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

			最小值	标称值	最大值	单位
V_{CC1} 、 V_{CC2}	电源电压		2.25		5.5	V
$V_{CC(UVLO+)}$	电源电压上升时的 UVLO 阈值			2	2.25	V
$V_{CC(UVLO-)}$	电源电压下降时的 UVLO 阈值		1.7	1.8		V
$V_{HYS(UVLO)}$	电源电压 UVLO 迟滞		100	200		mV
I_{D1} 、 I_{D2}	输出开关电流 - 初级侧	$2.25V \leq V_{CC} \leq 2.8V$			0.7	A
I_{D1} 、 I_{D2}	输出开关电流 - 初级侧	$2.8V < V_{CC} \leq 5.5V$			0.7	A
I_{OH}	高电平输出电流	$V_{CCO} = 5V$ ⁽¹⁾	-4			mA
		$V_{CCO} = 3.3V$	-2			
		$V_{CCO} = 2.5V$	-1			
I_{OL}	低电平输出电流	$V_{CCO} = 5V$			4	mA
		$V_{CCO} = 3.3V$			2	
		$V_{CCO} = 2.5V$			1	
V_{IH}	高电平输入电压		$0.7 \times V_{CCI}$ ⁽¹⁾		V_{CCI}	V
V_{IL}	低电平输入电压		0		$0.3 \times V_{CCI}$	V
DR	数据速率 ⁽²⁾		0		100	Mbps
T_A	环境温度		-40	25	125	°C

(1) V_{CCI} = 输入侧 V_{CC} ; V_{CCO} = 输出侧 V_{CC} 。

(2) 尽管可以实现更高的数据速率，但最大指定数据速率为 100Mbps。

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		ISO7741T-Q1	单位
		DW (SOIC)	
		16 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	64.0	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	25.2	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	33.3	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	8.4	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	32.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热性能指标的更多信息, 请参阅 [半导体和 IC 封装热性能指标](#) 应用手册。

5.5 功率等级

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
ISO7741T-Q1						
P_D	最大功耗 (两侧)	$V_{CC1} = V_{CC2} = 5.5V$, $T_J = 150^\circ C$, $C_L = 15pF$, 输入一个 50MHz 50% 的占空比方波, $I_{D1}, I_{D2} = 700mA$			401	mW
P_{D1}	最大功耗 (1 侧)	$V_{CC1} 5.5V$, $T_J = 150^\circ C$, $C_L = 15pF$, 输入一个 50MHz 50% 的占空比方波, $I_{D1}, I_{D2} = 700mA$			266	mW
P_{D2}	最大功耗 (2 侧)	$V_{CC2} = 5.5V$, $T_J = 150^\circ C$, $C_L = 15pF$, 输入一个 50MHz 50% 的占空比方波, $I_{D1}, I_{D2} = 700mA$			135	mW
ISO7742T-Q1						
P_D	最大功耗 (两侧)	$V_{CC1} = V_{CC2} = 5.5V$, $T_J = 150^\circ C$, $C_L = 15pF$, 输入一个 50MHz 50% 的占空比方波, $I_{D1}, I_{D2} = 700mA$			411	mW
P_{D1}	最大功耗 (1 侧)	$V_{CC1} 5.5V$, $T_J = 150^\circ C$, $C_L = 15pF$, 输入一个 50MHz 50% 的占空比方波, $I_{D1}, I_{D2} = 700mA$			309	mW
P_{D2}	最大功耗 (2 侧)	$V_{CC2} 5.5V$, $T_J = 150^\circ C$, $C_L = 15pF$, 输入一个 50MHz 50% 的占空比方波, $I_{D1}, I_{D2} = 700mA$			102	mW

5.6 绝缘规格

参数		测试条件	值	单位
			DW-16	
CLR	外部间隙 ⁽¹⁾	端子间的最短空间距离	>8	mm
CPG	外部爬电距离 ⁽¹⁾	端子间的最短封装表面距离	>8	mm
DTI	绝缘穿透距离	最小内部间隙	>17	μm
CTI	相对漏电起痕指数	DIN EN 60112 (VDE 0303-11) ; IEC 60112	>600	V
	材料组	符合 IEC 60664-1	I	
	过压类别 (符合 IEC 60664-1)	额定市电电压 ≤ 300V _{RMS}	I-IV	
		额定市电电压 ≤ 600V _{RMS}	I-IV	
		额定市电电压 ≤ 1000V _{RMS}	I-III	
DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17) ⁽²⁾				
V _{IORM}	最大重复峰值隔离电压	交流电压 (双极)	2121	V _{PK}
V _{IOWM}	最大工作隔离电压	交流电压 ; 时间依赖型电介质击穿 (TDDb) 测试	1500	V _{RMS}
		直流电压	2121	V _{DC}
V _{IOTM}	最大瞬态隔离电压	V _{TEST} = V _{IOTM} , t = 60s (鉴定测试) ; V _{TEST} = 1.2 x V _{IOTM} , t = 1s (100% 生产测试)	7071	V _{PK}
V _{IMP}	最大脉冲电压 ⁽³⁾	在空气中进行测试, 符合 IEC 62368-1 标准的 1.2/50μs 波形	8000	V _{PK}
V _{IOSM}	最大浪涌隔离电压 ⁽⁴⁾	V _{IOSM} ≥ 1.3 x V _{IMP} ; 根据 IEC 62368-1, 在油中测试 (鉴定测试) , 1.2/50μs 波形	12800	V _{PK}
q _{pd}	视在电荷 ⁽⁵⁾	方法 a, 输入输出安全测试子组 2/3 后, V _{ini} = V _{IOTM} , t _{ini} = 60s ; V _{pd(m)} = 1.2 x V _{IORM} , t _m = 10s	≤5	pC
		方法 a, 输入环境测试子组 1 后, V _{ini} = V _{IOTM} , t _{ini} = 60s , V _{pd(m)} = 1.3 x V _{IORM} , t _m = 10s	≤5	
		方法 b : 常规测试时 (100% 生产测试) ; V _{ini} = 1.2 x V _{IOTM} , t _{ini} = 1s ; V _{pd(m)} = 1.875 x V _{IORM} , t _m = 1s (方法 b1) 或 V _{pd(m)} = V _{ini} , t _m = t _{ini} (方法 b2)	≤5	
C _{IO}	势垒电容, 输入至输出 ⁽⁶⁾	V _{IO} = 0.4 x sin(2 π ft) , f = 1MHz	≅1	pF
R _{IO}	隔离电阻 ⁽⁶⁾	V _{IO} = 500V , T _A = 25°C	>10 ¹²	Ω
		V _{IO} = 500V , 100°C ≤ T _A ≤ 125°C	>10 ¹¹	
		V _{IO} = 500V , T _S = 150°C	>10 ⁹	
	污染等级		2	
	气候类别		55/125/21	
UL 1577				
V _{ISO}	最大耐受隔离电压	V _{TEST} = V _{ISO} , t = 60s (鉴定测试) ; V _{TEST} = 1.2 x V _{ISO} , t = 1s (100% 生产测试)	5000	V _{RMS}

- 爬电距离和间隙应满足应用的特定设备隔离标准中的要求。请注意保持电路板设计的爬电距离和间隙, 从而确保印刷电路板上隔离器的安装焊盘不会导致此距离缩短。在特定的情况下, 印刷电路板上的爬电距离和间隙变得相等。在印刷电路板上采用插入坡口和/或肋材等技术有助于提高这些规格。
- 此耦合器仅适用于安全额定值范围内的安全电气绝缘。应借助合适的保护电路来确保符合安全等级。
- 在空气中进行测试, 以确定封装的浪涌抗扰度。
- 在油中进行测试, 以确定隔离栅的固有浪涌抗扰度。
- 视在电荷是局部放电 (pd) 引起的电气放电。
- 将隔离栅每一侧的所有引脚都连在一起, 构成一个双端子器件。

5.7 安全相关认证

VDE	CSA	UL	CQC	TUV
计划根据 DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 进行认证	计划根据 IEC 62368-1 和 IEC 60601-1 进行认证	计划根据 UL 1577 组件认证计划进行认证	计划根据 GB 4943.1 进行认证	计划根据 EN 61010-1 与 EN 62368-1 进行认证
已计划获得证书	已计划获得证书	已计划获得证书	已计划获得证书	已计划获得证书

5.8 安全限值

安全限制⁽¹⁾旨在最大限度地减小在发生输入或输出电路故障时对隔离栅的潜在损害。I/O 发生故障时会导致低电阻接地或连接到电源，如果没有限流电路，则会因为功耗过大而导致芯片过热并损坏隔离栅，甚至可能导致辅助系统出现故障。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
DW-16 封装						
I _S	安全输入、输出或电源电流	R _{θJA} = 64°C/W, V _I = 5.5V, T _J = 150°C, T _A = 25°C, I _L = 700mA, 参阅图 5-1			319	mA
		R _{θJA} = 64°C/W, V _I = 3.6V, T _J = 150°C, T _A = 25°C, I _L = 700mA, 参阅图 5-1			480	
		R _{θJA} = 64°C/W, V _I = 2.75V, T _J = 150°C, T _A = 25°C, I _L = 700mA, 参阅图 5-1			630	
P _S	安全输入、输出或总功率	R _{θJA} = 64°C/W, T _J = 150°C, T _A = 25°C, 参阅图 5-2			1953	mW
T _S	最高安全温度				150	°C

- (1) 最高安全温度 T_S 与器件指定的最大结温 T_J 的值相同。I_S 和 P_S 参数分别表示安全电流和安全功率。请勿超出 I_S 和 P_S 的最大限值。这些限值随环境温度 T_A 的变化而变化。
 结至空气热阻 R_{θJA} 表示安装在引线式表面贴装封装的高 K 测试板上的器件的热阻。可以使用这些公式计算每个参数的值：
 T_J = T_A + R_{θJA} × P, 其中, P 为器件所耗功率。
 T_{J(max)} = T_S = T_A + R_{θJA} × P_S, 其中, T_{J(max)} 为允许的最大结温。
 P_S = I_S × V_I, 其中, V_I 为最大输入电压。

5.9 变压器电气特性

在推荐的整个工作条件下测量（除非另有说明）。所有典型值都是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{CC} = 5\text{V}$ 下测得的。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
CLK						
F_{SW}	D1、D2 平均转换频率 (ISO774xTA-Q1)	$R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1}	138	160	203	kHz
	D1、D2 平均转换频率 (ISO774xTB-Q1)	$R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1}	363	424	517	kHz
输出级						
DMM	D1 和 D2 之间的平均导通时间不匹配	$R_L = 50\ \Omega$	0%			
$R_{(\text{ON})}$	输出转换导通电阻	$V_{CC} = 4.5\text{V}$ ， I_{D1} 、 $I_{D2} = 700\text{mA}$	0.22	0.4		Ω
		$V_{CC} = 2.8\text{V}$ ， I_{D1} 、 $I_{D2} = 700\text{mA}$	0.24	0.45		Ω
		$V_{CC} = 2.25\text{V}$ ， I_{D1} 、 $I_{D2} = 0.5\text{A}$	0.26	0.5		Ω
$V_{(\text{SLEW})}$	D1 与 D2 上的电压压摆率 (ISO774xTA-Q1)	$R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1}	48			$\text{V}/\mu\text{s}$
$I_{(\text{SLEW})}$	D1 与 D2 处的电流压摆率 (ISO774xTA-Q1)	$R_L = 5\ \Omega$ (通过变压器)	11			$\text{A}/\mu\text{s}$
$V_{(\text{SLEWHF})}$	D1 与 D2 上的电压压摆率 (ISO774xTB-Q1)	$R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1}	152			$\text{V}/\mu\text{s}$
$I_{(\text{SLEWHF})}$	D1 与 D2 处的电流压摆率 (ISO774xTB-Q1)	$R_L = 5\ \Omega$ (通过变压器)	41			$\text{A}/\mu\text{s}$
I_{LIM}	电流钳位限值 ($2.8\text{V} < V_{CC} \leq 5.5\text{V}$)		1.42	1.75	2.15	A
	电流钳位限值 ($2.25\text{V} \leq V_{CC} \leq 2.8\text{V}$)		0.65		1.85	A
热关断						
$T_{\text{SD}+}$	T_{SD} 开启温度		154	168	181	$^\circ\text{C}$
$T_{\text{SD}-}$	T_{SD} 关断温度		135	150	166	$^\circ\text{C}$
$T_{\text{SD}-}$	T_{SD} 迟滞		13	17		$^\circ\text{C}$

5.10 电气特性 - 5V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 5V \pm 10\%$ (在建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{OH} = -4mA$	$V_{CCO} - 0.4$ ⁽¹⁾	4.8		V
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 4mA$		0.2	0.4	V
$V_{IT+(IN)}$	上升输入开关阈值			$0.6 \times V_{CCI}$	$0.7 \times V_{CCI}$	V
$V_{IT-(IN)}$	下降输入开关阈值		$0.3 \times V_{CCI}$	$0.4 \times V_{CCI}$		V
$V_{I(HYS)}$	输入阈值电压迟滞		$0.1 \times V_{CCI}$	$0.2 \times V_{CCI}$		V
I_{IH}	高电平输入电流	在 INx 处, $V_{IH} = V_{CCI}$ ⁽¹⁾			10	μA
I_{IL}	低电平输入电流	在 INx 处, $V_{IL} = 0V$	-10			μA
CMTI ⁽³⁾	共模瞬态抗扰度	$V_I = V_{CCI}$ 或 $0V$, $V_{CM} = 1200V$	100	150		kV/ μs
C_i	输入电容 ⁽²⁾	$V_I = V_{CC}/2 + 0.4 \times \sin(2\pi ft)$, $f = 1MHz$, $V_{CC} = 5V$		2		pF

- (1) V_{CCI} = 输入侧 V_{CC} ; V_{CCO} = 输出侧 V_{CC}
 (2) 输入引脚到同侧接地端的测量结果。
 (3) CMTI 仅在数字隔离器上测量 (与变压器驱动器无关)

5.11 电源电流特性 - 5V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 5V \pm 10\%$, $R_L = 50\Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	电源电流	最小值	典型值	最大值	单位	
ISO7741TA-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		3	4.2	mA	
		I_{CC2}		2.4	3.7		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		6.3	7.8		
		I_{CC2}		3.6	5.1		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.7		6.1
			I_{CC2}		3.2		4.6
		10Mbps	I_{CC1}		5.4		6.8
			I_{CC2}		4.8		6.5
		100Mbps	I_{CC1}		11.5	13.7	
			I_{CC2}		20	23.5	
ISO7741TB-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		3.6	5	mA	
		I_{CC2}		2.4	3.7		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		6.9	8.6		
		I_{CC2}		3.6	5.1		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		5.3		6.9
			I_{CC2}		3.2		4.6
		10Mbps	I_{CC1}		5.9		7.7
			I_{CC2}		4.8		6.5
		100Mbps	I_{CC1}		12.1	14.6	
			I_{CC2}		20	23.5	
ISO7742TA-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		3.3	4.8	mA	
		I_{CC2}		2.4	3.5		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		5.6	7.3		
		I_{CC2}		4.7	6		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.6		6.2
			I_{CC2}		3.6		4.9
		10Mbps	I_{CC1}		5.7		7.4
			I_{CC2}		4.7		6.1
		100Mbps	I_{CC1}		16.6	19.6	
			I_{CC2}		15.7	18.4	

$V_{CC1} = V_{CC2} = 5V \pm 10\%$, $R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	电源电流	最小值	典型值	最大值	单位	
ISO7742TB-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		3.9	5.6	mA	
		I_{CC2}		2.4	3.5		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		6.2	8.2		
		I_{CC2}		4.7	6		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		5.2		7
			I_{CC2}		3.6		4.9
		10Mbps	I_{CC1}		6.2		8.3
			I_{CC2}		4.7		6.1
		100Mbps	I_{CC1}		17.3	20.5	
			I_{CC2}		15.7	18.4	

(1) V_{CCI} = 输入侧 V_{CC}

5.12 电气特性 - 3.3V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 3.3V \pm 10\%$, $R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{OH} = -2mA$	$V_{CCO} - 0.3$ ⁽¹⁾	3.2	V
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 2mA$		0.1	0.3
$V_{IT+(IN)}$	上升输入开关阈值		$0.6 \times V_{CCI}$	$0.7 \times V_{CCI}$ ⁽¹⁾	V
$V_{IT-(IN)}$	下降输入开关阈值		$0.3 \times V_{CCI}$	$0.4 \times V_{CCI}$	V
$V_{I(HYS)}$	输入阈值电压迟滞		$0.1 \times V_{CCI}$	$0.2 \times V_{CCI}$	V
I_{IH}	高电平输入电流	在 INx 处, $V_{IH} = V_{CCI}$ ⁽¹⁾			10 μA
I_{IL}	低电平输入电流	在 INx 处, $V_{IL} = 0V$	-10		μA
$CMTI$ ⁽²⁾	共模瞬态抗扰度	$V_I = V_{CCI}$ 或 $0V$, $V_{CM} = 1200V$	100	150	$kV/\mu s$

(1) V_{CCI} = 输入侧 V_{CC} ; V_{CCO} = 输出侧 V_{CC}

(2) $CMTI$ 仅在数字隔离器上测量 (与变压器驱动器无关)

5.13 电源电流特性 - 3.3V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 3.3V \pm 10\%$, $R_L = 50 \Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	电源电流	最小值	典型值	最大值	单位	
ISO7741TA-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		2.8	3.9	mA	
		I_{CC2}		2.3	3.7		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		6.1	7.5		
		I_{CC2}		3.6	5.1		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关 ; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.5		5.7
			I_{CC2}		3.1		4.5
		10Mbps	I_{CC1}		4.9		6.3
			I_{CC2}		4.2		5.9
		100Mbps	I_{CC1}		9.2	11.1	
			I_{CC2}		15.1	18.2	
ISO7741TB-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		3.1	4.4	mA	
		I_{CC2}		2.3	3.7		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		6.5	8		
		I_{CC2}		3.6	5.1		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关 ; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.9		6.3
			I_{CC2}		3.1		4.5
		10Mbps	I_{CC1}		5.3		6.9
			I_{CC2}		4.2		5.9
		100Mbps	I_{CC1}		9.6	11.7	
			I_{CC2}		15.1	18.2	
ISO7742TA-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		3.2	4.5	mA	
		I_{CC2}		2.4	3.4		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		5.4	7		
		I_{CC2}		4.6	6		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关 ; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.4		5.9
			I_{CC2}		3.6		4.8
		10Mbps	I_{CC1}		5.1		6.7
			I_{CC2}		4.3		5.6
		100Mbps	I_{CC1}		12.8	15.6	
			I_{CC2}		12	14.4	

$V_{CC1} = V_{CC2} = 3.3V \pm 10\%$, $R_L = 50\Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	电源电流	最小值	典型值	最大值	单位	
ISO7742TB-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		3.5	5	mA	
		I_{CC2}		2.4	3.4		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		5.8	7.6		
		I_{CC2}		4.6	6		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.7		6.4
			I_{CC2}		3.6		4.8
		10Mbps	I_{CC1}		5.5		7.3
			I_{CC2}		4.3		5.6
		100Mbps	I_{CC1}		13.2	16	
			I_{CC2}		12	14.4	

(1) V_{CC1} = 输入侧 V_{CC}

5.14 电气特性 - 2.5V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 2.5V \pm 10\%$ (在建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{OH} = -1mA$	$V_{CC0} - 0.2^{(1)}$	2.45	V	
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 1mA$		0.05	0.2	V
$V_{IT+(IN)}$	上升输入开关阈值		$0.6 \times V_{CC1}$	$0.7 \times V_{CC1}$	V	
$V_{IT-(IN)}$	下降输入开关阈值		$0.3 \times V_{CC1}$	$0.4 \times V_{CC1}$	V	
$V_{I(HYS)}$	输入阈值电压迟滞		$0.1 \times V_{CC1}$	$0.2 \times V_{CC1}$	V	
I_{IH}	高电平输入电流	在 INx 处, $V_{IH} = V_{CC1}$ ⁽¹⁾			10	μA
I_{IL}	低电平输入电流	在 INx 处, $V_{IL} = 0V$	-10			μA
$CMTI^{(2)}$	共模瞬态抗扰度	$V_I = V_{CC1}$ 或 $0V$, $V_{CM} = 1200V$	100	150		$kV/\mu s$

(1) V_{CC1} = 输入侧 V_{CC} ; V_{CC0} = 输出侧 V_{CC}

(2) $CMTI$ 仅在数字隔离器上测量 (与变压器驱动器无关)

5.15 电源电流特性 - 2.5V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 2.5V \pm 10\%$, $R_L = 50 \Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	电源电流	最小值	典型值	最大值	单位	
ISO7741TA-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		2.7	3.7	mA	
		I_{CC2}		2.3	3.7		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		6	7.3		
		I_{CC2}		3.6	5.1		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现 开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.4		5.6
			I_{CC2}		3		4.5
		10Mbps	I_{CC1}		4.7		6.1
			I_{CC2}		3.9		5.5
		100Mbps	I_{CC1}		8	9.7	
			I_{CC2}		12.1	14.7	
ISO7741TB-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		3	4.2	mA	
		I_{CC2}		2.3	3.7		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7741T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7741FT)	I_{CC1}		6.3	7.8		
		I_{CC2}		3.6	5.1		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现 开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.7		6
			I_{CC2}		3		4.5
		10Mbps	I_{CC1}		5		6.5
			I_{CC2}		3.9		5.5
		100Mbps	I_{CC1}		8.3	10.1	
			I_{CC2}		12.1	14.7	
ISO7742TA-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		3.1	4.3	mA	
		I_{CC2}		2.3	3.4		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		5.3	6.9		
		I_{CC2}		4.6	5.9		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现 开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.3		5.7
			I_{CC2}		3.5		4.7
		10Mbps	I_{CC1}		4.8		6.4
			I_{CC2}		4.1		5.4
		100Mbps	I_{CC1}		10.6	13	
			I_{CC2}		9.9	12	

$V_{CC1} = V_{CC2} = 2.5V \pm 10\%$, $R_L = 50\ \Omega$ 至 V_{CC1} (建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	电源电流	最小值	典型值	最大值	单位	
ISO7742TB-Q1							
电源电流 - 直流信号	$V_I = V_{CC1}$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = 0V$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		3.4	4.8	mA	
		I_{CC2}		2.3	3.4		
	$V_I = 0V_I$ (ISO7742T) ⁽¹⁾ $V_I = V_{CC1}$ (ISO7742FT)	I_{CC1}		5.6	7.3		
		I_{CC2}		4.6	5.9		
电源电流 - 交流信号	所有通道均通过方波时钟输入实现开关; $C_L = 15pF$	1Mbps	I_{CC1}		4.5		6.1
			I_{CC2}		3.5		4.7
		10Mbps	I_{CC1}		5.1		6.8
			I_{CC2}		4.1		5.4
		100Mbps	I_{CC1}		10.9	13.4	
			I_{CC2}		9.9	12	

(1) V_{CC1} = 输入侧 V_{CC}

5.16 开关特性 - 5V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 5V \pm 10\%$ (在建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{PLH} 、 t_{PHL}	传播延迟时间	6	10.7	17	ns
PWD	脉宽失真 ⁽¹⁾ $ t_{PHL} - t_{PLH} $		0	6.2	ns
$t_{sk(o)}$	通道间输出偏斜时间 ⁽²⁾			4	ns
$t_{sk(pp)}$	器件间偏斜时间 ⁽³⁾			4.4	ns
t_r	输出信号上升时间		2.4	3.9	ns
t_f	输出信号下降时间		2.4	3.9	ns
t_{DO}	输入功率损耗的默认输出延时时间			0.1	μs
t_{ie}	时间间隔误差			0.8	ns
t_{BBM}	先断后合延时时间 (ISO774xTA-Q1)			115	ns
t_{BBM}	先断后合延时时间 (ISO774xBT-Q1)			90	ns
t_{SS}	软启动时间 (ISO774xTA-Q1)			1	8
t_{SS}	软启动时间 (ISO774xBT-Q1)			1	8
$t_{SSdelay}$	软启动时间延迟			3.5	18

(1) 也称为脉冲偏斜。

(2) $t_{sk(o)}$ 是以下单个器件的输出之间的偏斜: 所有驱动输入均连在一起且在驱动相同负载时输出在相同方向上开关。

(3) $t_{sk(pp)}$ 是以下不同器件的任意端子之间的传播延迟时间差幅度: 在相同电源电压、温度、输入信号和负载下工作, 同时在相同方向上开关。

5.17 开关特性 - 3.3V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 3.3V \pm 10\%$ (在建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{PLH} 、 t_{PHL}	传播延迟时间		6	12	18.5	ns
PWD	脉宽失真 ⁽¹⁾ $ t_{PHL} - t_{PLH} $			0.1	6.2	ns
$t_{sk(o)}$	通道间输出偏斜时间 ⁽²⁾	同向通道			4.4	ns
$t_{sk(pp)}$	器件间偏斜时间 ⁽³⁾				5	ns
t_r	输出信号上升时间			1.3	3	ns
t_f	输出信号下降时间			1.3	3	ns
t_{DO}	输入功率损耗的默认输出延时时间	从 V_{CC} 低于 1.7V 时开始测量		0.1	0.3	μs
t_{ie}	时间间隔误差	100Mbps 时的 PRBS 数据为 $2^{16} - 1$		0.9		ns
t_{BBM}	先断后合延时时间 (ISO774xTA-Q1)	$R_L = 50 \Omega$ 至 V_{CC} 时测得的电压		115		ns
t_{BBM}	先断后合延时时间 (ISO774xBT-Q1)	$R_L = 50 \Omega$ 至 V_{CC} 时测得的电压		90		ns
t_{SS}	软启动时间 (ISO774xTA-Q1)	变压器 $C_{LOAD} = 40\mu F$ ， $R_L = 5 \Omega$ 时， V_{OUT} 上 10% 至 90% 的 转换时间	1	2.2	8	ms
t_{SS}	软启动时间 (ISO774xBT-Q1)	变压器 $C_{LOAD} = 40\mu F$ ， $R_L = 5 \Omega$ 时， V_{OUT} 上 10% 至 90% 的 转换时间	1	4.25	8	ms
$t_{SSdelay}$	软启动时间延迟	变压器 $C_{LOAD} = 40\mu F$ ， $R_L = 5 \Omega$ 时， V_{OUT} 上从通电至 90% 的转换时间	3.5	8.5	18	ms

(1) 也称为脉冲偏斜。

(2) $t_{sk(o)}$ 是以下单个器件的输出之间的偏斜：所有驱动输入均连在一起且在驱动相同负载时输出在相同方向上开关。

(3) $t_{sk(pp)}$ 是以下不同器件的任意端子之间的传播延迟时间差幅度：在相同电源电压、温度、输入信号和负载下工作，同时在相同方向上开关。

5.18 开关特性 - 2.5V 电源

$V_{CC1} = V_{CC2} = 2.5V \pm 10\%$ (在建议运行条件下测得, 除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{PLH} 、 t_{PHL}	传播延迟时间		7.5	13	21	ns
PWD	脉宽失真 ⁽¹⁾ $ t_{PHL} - t_{PLH} $			0.2	6.2	ns
$t_{sk(o)}$	通道间输出偏斜时间 ⁽²⁾	同向通道			4.4	ns
$t_{sk(pp)}$	器件间偏斜时间 ⁽³⁾				5.3	ns
t_r	输出信号上升时间			1	3.5	ns
t_f	输出信号下降时间			1	3.5	ns
t_{DO}	输入功率损耗的默认输出延时时间	从 V_{CC} 低于 1.7V 时开始测量		0.1	0.3	μs
t_{ie}	时间间隔误差	100Mbps 时的 PRBS 数据为 $2^{16} - 1$		0.7		ns
t_{BBM}	先断后合延时时间 (ISO774xTA-Q1)	$R_L = 50 \Omega$ 至 V_{CC} 时测得的电压		115		ns
t_{BBM}	先断后合延时时间 (ISO774xBT-Q1)	$R_L = 50 \Omega$ 至 V_{CC} 时测得的电压		90		ns
t_{SS}	软启动时间 (ISO774xTA-Q1)	变压器 $C_{LOAD} = 40\mu F$, $R_L = 5 \Omega$ 时, V_{OUT} 上 10% 至 90% 的 转换时间	1	2.2	8	ms
t_{SS}	软启动时间 (ISO774xBT-Q1)	变压器 $C_{LOAD} = 40\mu F$, $R_L = 5 \Omega$ 时, V_{OUT} 上 10% 至 90% 的 转换时间	1	4.25	8	ms
$t_{SSdelay}$	软启动时间延迟	变压器 $C_{LOAD} = 40\mu F$, $R_L = 5 \Omega$ 时, V_{OUT} 上从通电至 90% 的转换时间	3.5	8.5	18	ms

- (1) 也称为脉冲偏斜。
 (2) $t_{sk(o)}$ 是以下单个器件的输出之间的偏斜：所有驱动输入均连在一起且在驱动相同负载时输出在相同方向上开关。
 (3) $t_{sk(pp)}$ 是以下不同器件的任意端子之间的传播延迟时间差幅度：在相同电源电压、温度、输入信号和负载下工作，同时在相同方向上开关。

5.19 绝缘特性曲线

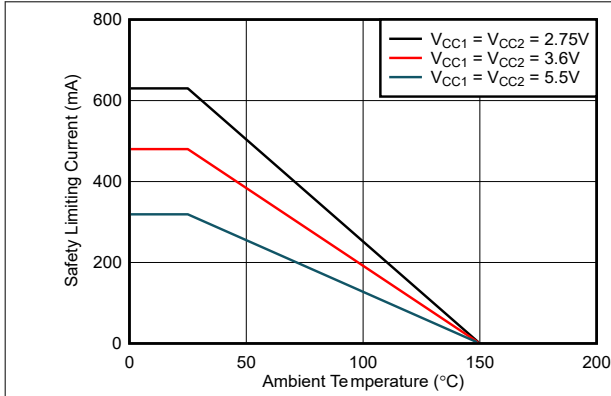


图 5-1. DW-16 封装安全限制电流的热降额曲线

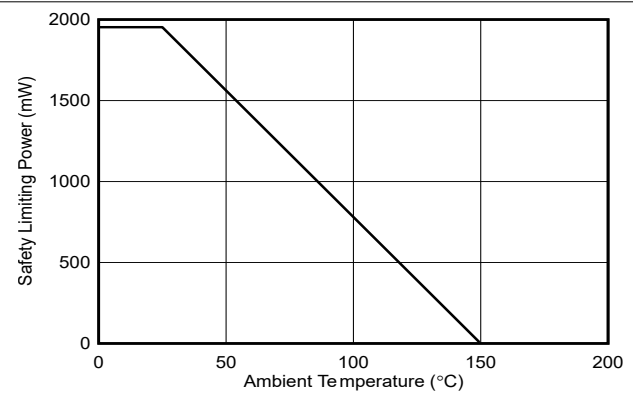


图 5-2. DW-16 封装安全限制功率的热降额曲线

5.20 典型特性

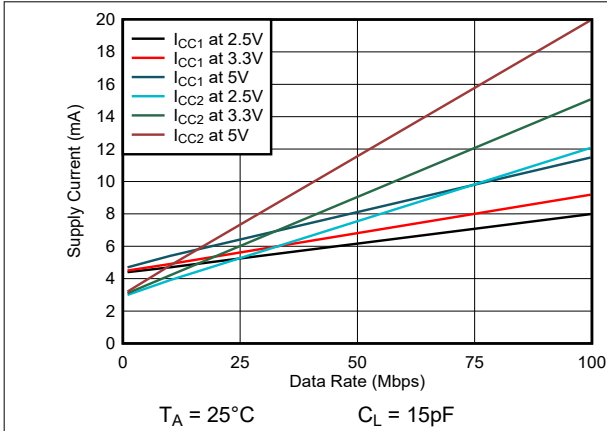


图 5-3. ISO7741Tx-Q1 电源电流与数据速率之间的关系 (15pF 负载)

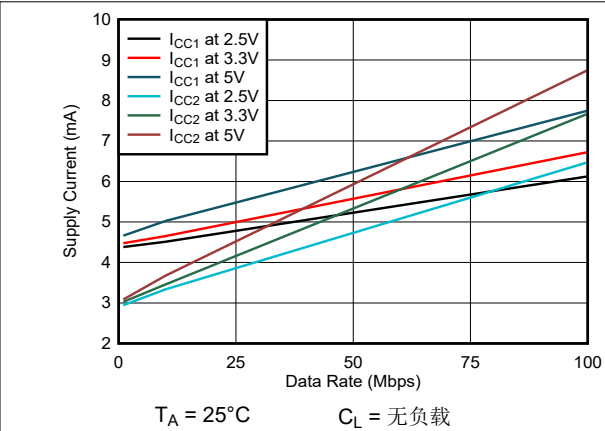


图 5-4. ISO7741Tx-Q1 电源电流与数据速率之间的关系 (无负载)

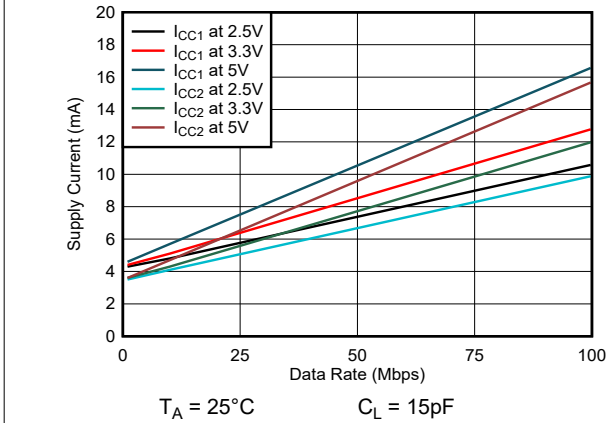


图 5-5. ISO7742Tx-Q1 电源电流与数据速率之间的关系 (15pF 负载)

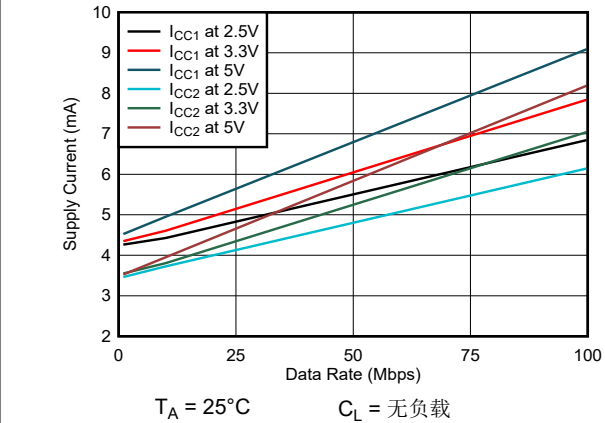


图 5-6. ISO7742Tx-Q1 电源电流与数据速率之间的关系 (无负载)

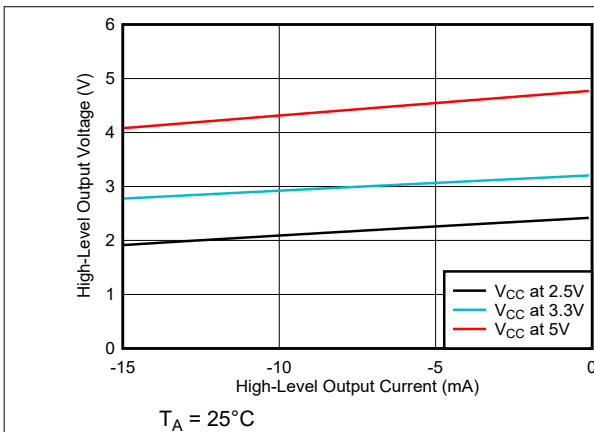


图 5-7. 高电平输出电压与高电平输出电流之间的关系

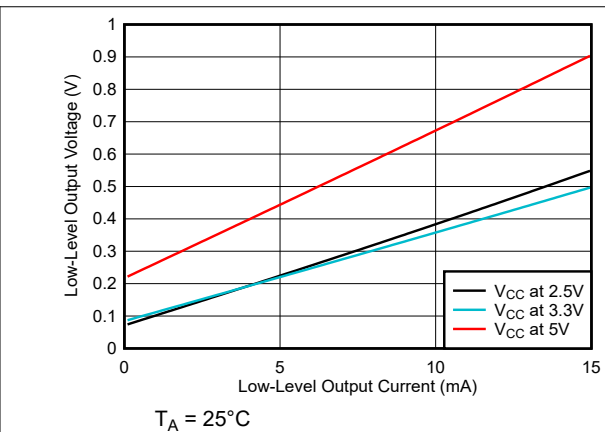


图 5-8. 低电平输出电压与低电平输出电流之间的关系

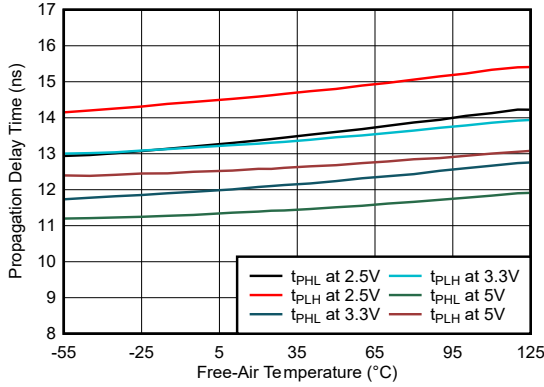


图 5-9. 传播延迟时间与自然通风条件下的温度之间的关系

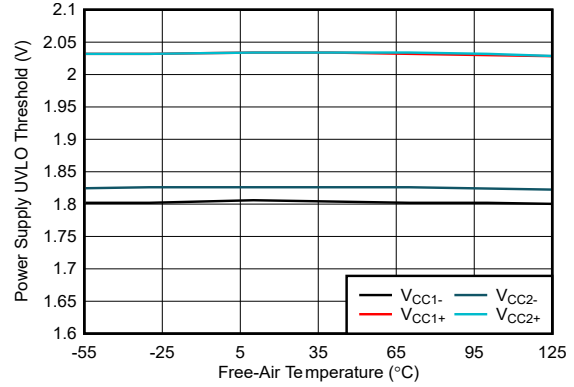
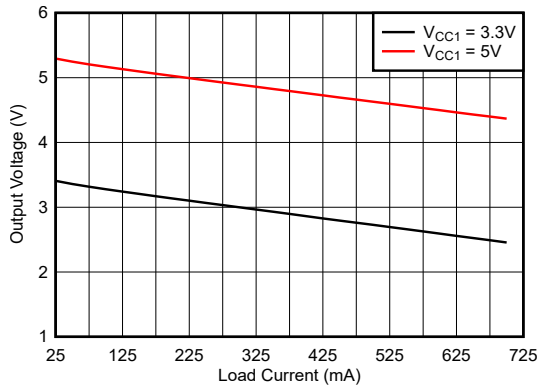
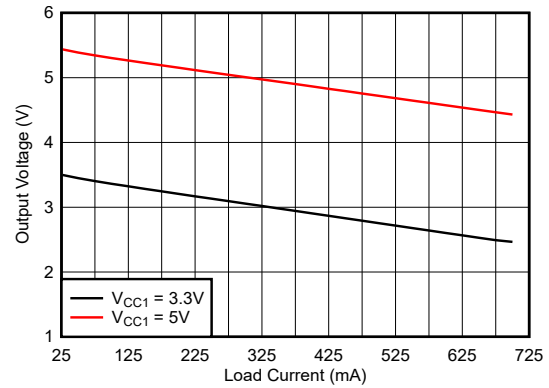


图 5-10. 电源欠压阈值与自然通风条件下的温度之间的关系
 $T_A = 25^\circ\text{C}$ $C_L = \text{无负载}$



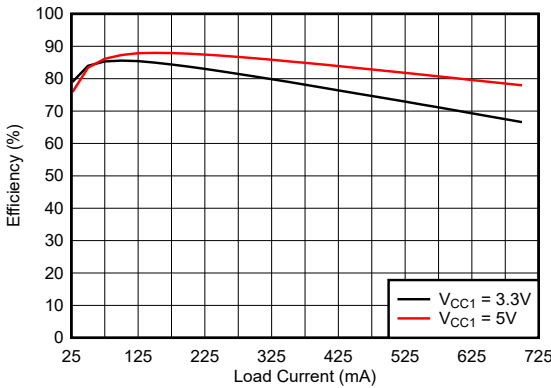
ISO774xTA-Q1 + Würth 750315240

图 5-11. ISO774xTA-Q1 输出电压与负载电流之间的关系



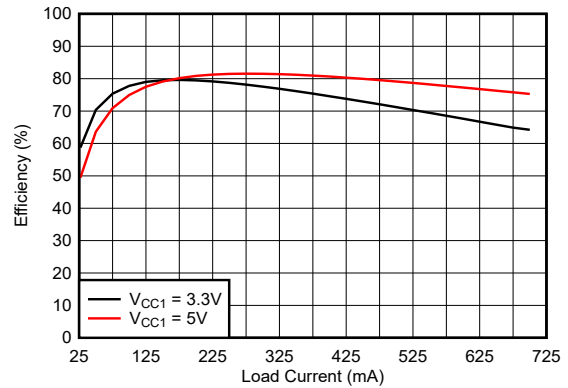
ISO774xTB-Q1 + Würth 750315371

图 5-12. ISO774xTB-Q1 输出电压与负载电流之间的关系



ISO774xTA-Q1 + Würth 750315240

图 5-13. ISO774xTA-Q1 效率与负载电流之间的关系



ISO774xTB-Q1 + Würth 750315371

图 5-14. ISO774xTB-Q1 效率与负载电流之间的关系

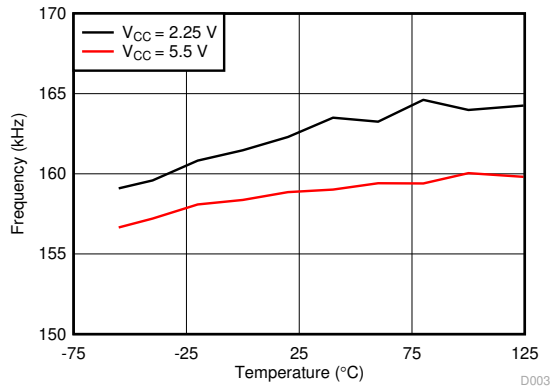


图 5-15. ISO774xTA-Q1 频率与自然通风条件下的温度之间的关系

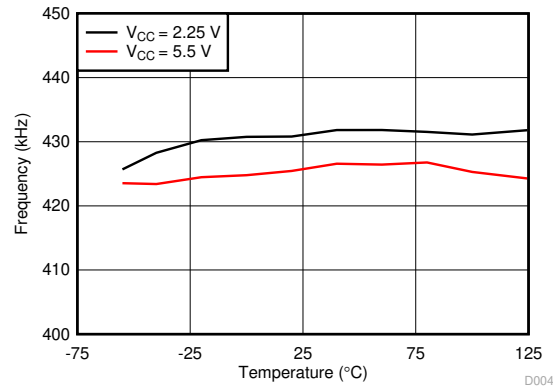
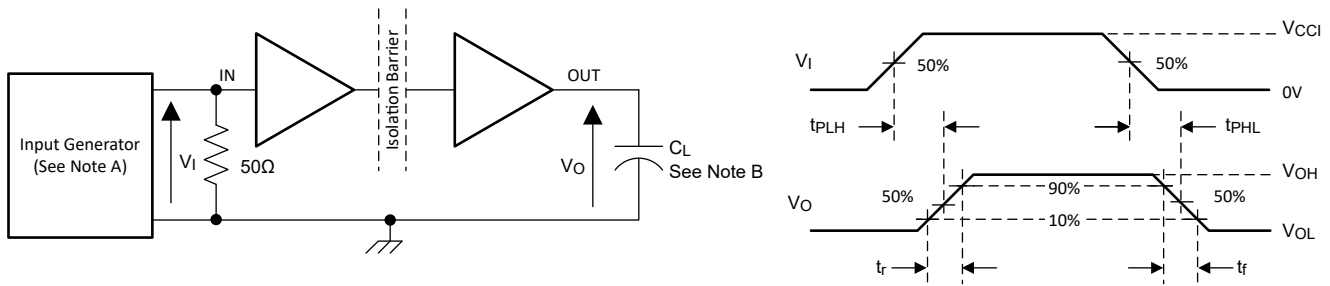


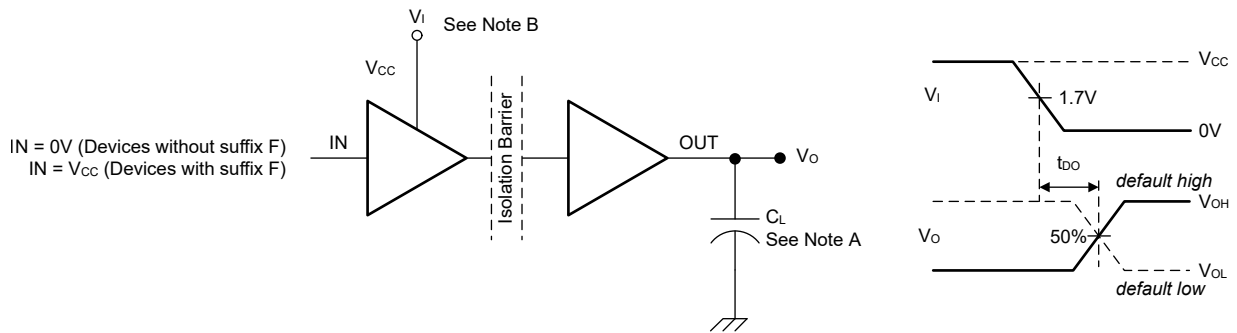
图 5-16. ISO774xTB-Q1 频率与自然通风条件下的温度之间的关系

6 参数测量信息



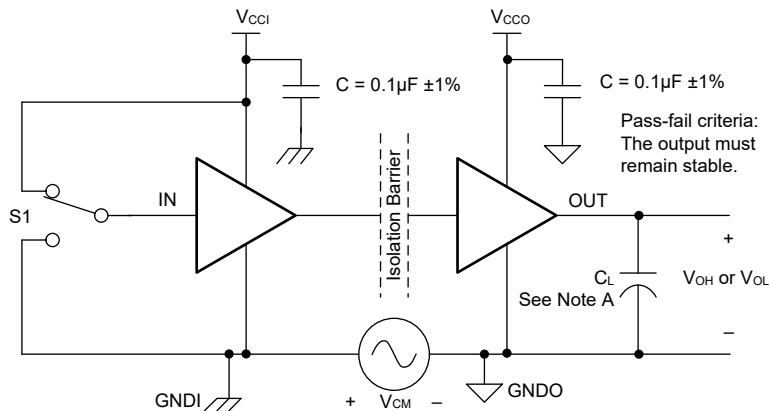
- A. 输入脉冲由具有以下特性的发生器提供：PRR \leq 50kHz，50% 占空比， $t_r \leq$ 3ns， $t_f \leq$ 3ns， $Z_O = 50\Omega$ 。输入端需要 50Ω 电阻器来端接输入发生器信号。实际应用中并不需要 50Ω 电阻器。
- B. $C_L = 15\text{pF}$ 并包含 $\pm 20\%$ 范围内的仪表和设备电容。

图 6-1. 开关特性测试电路和电压波形



- A. $C_L = 15\text{pF}$ 并包含 $\pm 20\%$ 范围内的仪表和设备电容。
- B. 电源电压斜升速率 = 10mV/ns

图 6-2. 默认输出延时时间测试电路和电压波形



- A. $C_L = 15\text{pF}$ 并包含 $\pm 20\%$ 范围内的仪表和设备电容。

图 6-3. 共模瞬态抗扰度测试电路

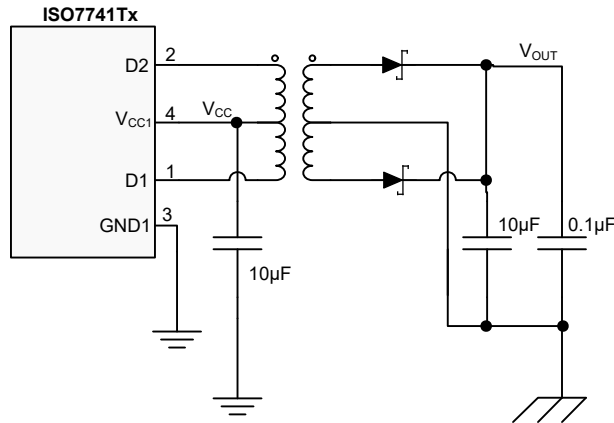


图 6-4. 非稳压输出测量电路 (TP1)

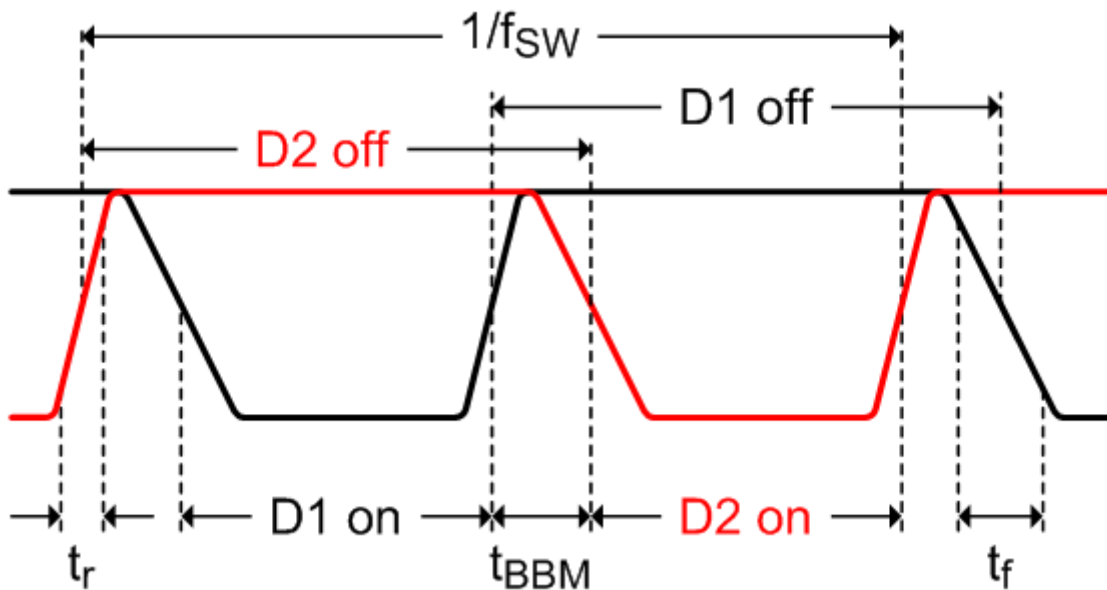


图 6-5. 时序图

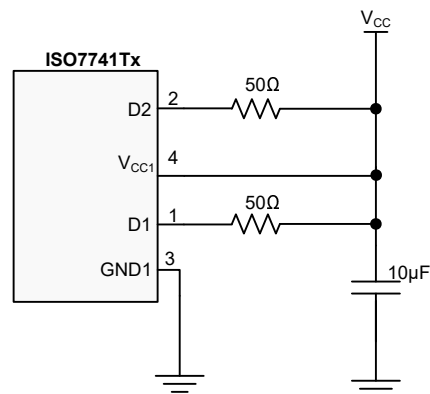


图 6-6. 适用于 FSW、V (SLEW) 以及 tBBM 的测试电路

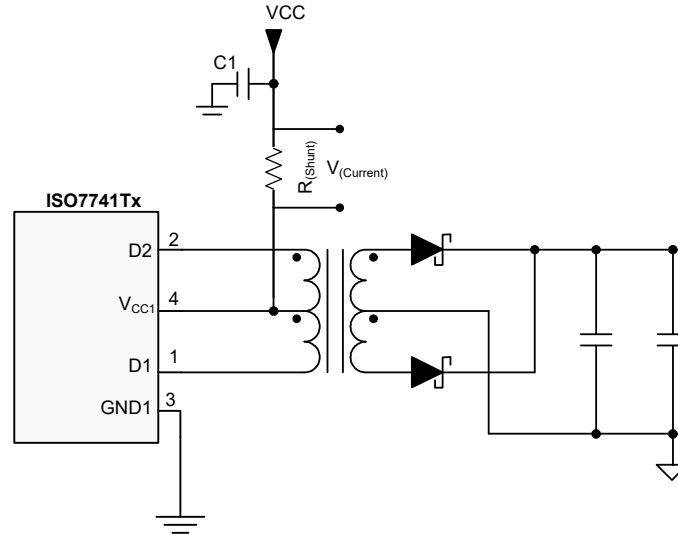


图 6-7.1 (SLEW) 测试设置

7 详细说明

7.1 概述

ISO774xT 器件采用开关键控 (OOK) 调制方案，以便通过基于二氧化硅的隔离栅传输数字数据。发送器通过隔离栅发送高频载波来表示一种数字状态，而不发送信号则表示另一种数字状态。接收器在高级信号调节后对信号进行解调并通过缓冲器级产生输出。ISO774xT 器件还采用了先进的电路技术，不仅能够充分提高 CMTI 性能，还能够有效降低高频载波与 IO 缓冲器切换产生的辐射。

ISO774xT 中的变压器驱动器专为采用推挽式拓扑结构的，具有成本优势的设计/应用、小型隔离式直流/直流转换器而设计。该器件包含一个振荡器，用于为栅极驱动电路馈送信号。栅极驱动电路由分频器和先断后合 (BBM) 逻辑组成，并提供了两个互补的输出信号，这两个信号会交替开启和关闭两个输出晶体管。振荡器的输出频率属于二分频。后续的先断后合逻辑会在这两个信号的高电平脉冲之间插入一个死区时间。在任何一个栅极达到逻辑高电平以前，BBM 逻辑会提供一个较短的时间段，在此期间，两个信号均处于低电平，并且两个晶体管均处于高阻抗状态。之所以需要存在这个时间段，是为了避免初级侧两端发生短接。由此产生的输出信号能够为输出晶体管提供栅极驱动信号。

带集成变压器驱动器的数字电容式隔离器的概念框图图 7-1 与 图 7-2 显示了典型通道与变压器驱动器的功能框图。

7.2 功能方框图

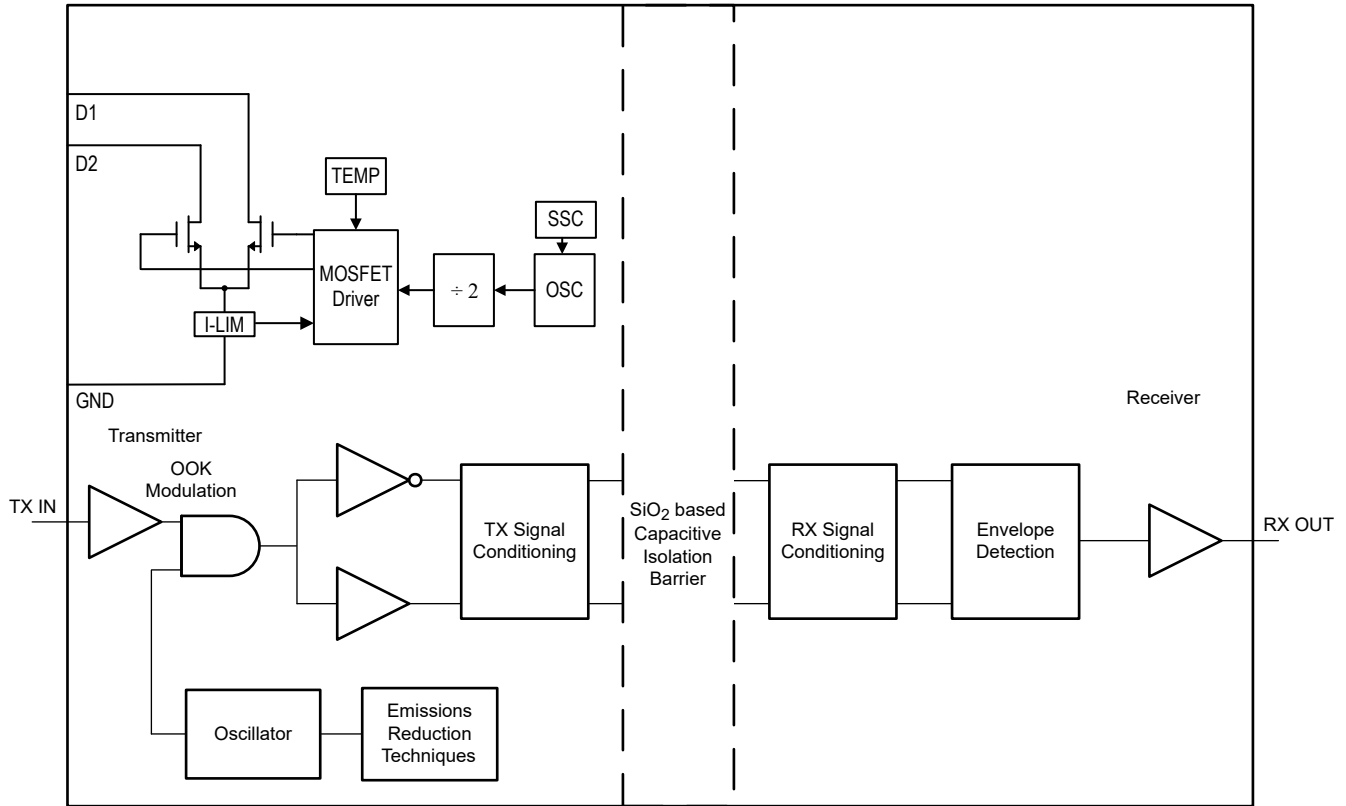


图 7-1. 数字电容隔离器的概念框图

图 7-2 所示为开关键控方案工作原理的概念细节。

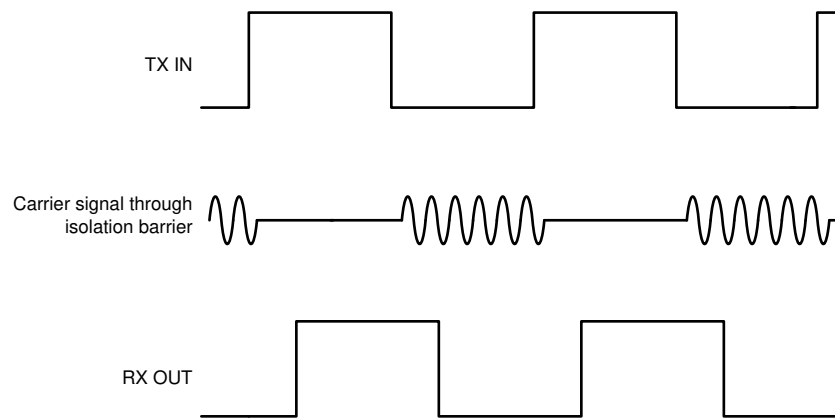


图 7-2. 基于开关键控 (OOK) 的调制方案

7.3 特性说明

表 7-1. 器件特性

器件型号	通道方向	典型切换频率	最大数据速率	默认输出	封装	隔离额定值
ISO7741TA	3 个正向, 1 个反向	160kHz	100Mbps	高	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7741FTA		160kHz	100Mbps	低电平	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7741TB		424kHz	100Mbps	高	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7741FTB		424kHz	100Mbps	低电平	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7742TA	2 个正向, 2 个反向	160kHz	100Mbps	高	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7742FTA		160kHz	100Mbps	低电平	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7742TB		424kHz	100Mbps	高	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}
ISO7742FTB		424kHz	100Mbps	低电平	DW-16	5000 V _{RMS} /7071 V _{PK}

有关详细的隔离等级, 请参阅 [节 5.7](#)。

7.3.1 电磁兼容性 (EMC) 注意事项

恶劣工业环境中的很多应用都对静电放电 (ESD)、电气快速瞬变 (EFT)、浪涌和电磁辐射等干扰非常敏感。IEC 61000-4-x 和 CISPR 22 等国际标准对这些电磁干扰进行了规定。尽管系统级性能与可靠性在很大程度上取决于应用电路板的设计和布局, 但为了实现整体系统的稳健性, ISO774xT 器件在芯片级设计方面进行了诸多改进。其中的一些改进包括:

- 输入和输出信号引脚以及芯片间接合焊盘具有可靠的 ESD 保护单元。
- ESD 单元与电源和接地引脚之间采用低电阻连接。
- 高压隔离电容器具有增强性能, 能够更好地耐受 ESD、EFT 和浪涌事件。
- 片上去耦电容器更大, 可通过低阻抗路径旁路不良的高能信号。
- PMOS 和 NMOS 器件通过防护环互相隔离, 从而避免触发寄生 SCR。
- 通过提供纯差分内部运行, 减少隔离栅上的共模电流。

7.3.2 推挽式转换器

推挽式转换器需要使用带有中心抽头的变压器将电力从初级传输到次级 (请参阅 [图 7-3](#))。

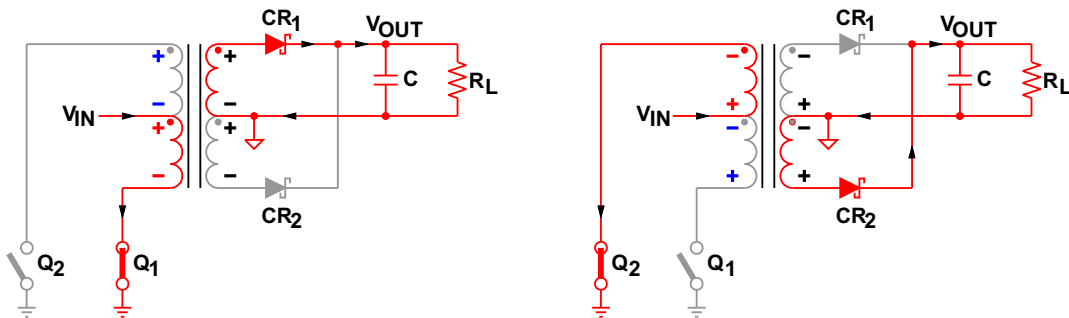


图 7-3. 推挽式转换器的开关周期

当 Q_1 导通时, V_{IN} 驱动电流通过初级的下半部分流入接地端, 从而在初级的下端产生相对于中心抽头处 V_{IN} 电位的负电压电位。

与此同时, 初级上半部分的电压使得初级上端相对于中心抽头为正, 以便维持先前通过 Q_2 (现在已变为高阻抗) 建立的电流流动。两个电压源 (每个都等于 V_{IN}) 以串联方式连接, 在初级的开路端产生相对于接地为 $2 \times V_{IN}$ 的电压电位。

按照点规定, 在初级上出现的相同电压极性也出现在次级上。因此, 次级上端的正电位正向偏置二极管 CR_1 。从次级上端开始的次级电流流过 CR_1 , 对电容器 C 进行充电, 并通过负载阻抗 R_L 返回到中心抽头。

当 Q_2 导通时， Q_1 变为高阻抗并且初级和次级的电压极性会反转。现在初级的下端呈现出具有相对于接地为 $2 \times V_{IN}$ 电位的开路端。在这种情况下， CR_2 正向偏置，而 CR_1 反向偏置，电流从次级下端流过 CR_2 ，为电容器充电并通过负载返回到中心抽头。

7.3.3 磁芯磁化

图 7-4 展示了推挽式转换器的理想磁化曲线，其中 B 为磁通密度， H 为磁场强度。当 Q_1 导通时，磁通量被从 A 推至 A' ，而当 Q_2 导通时，磁通量被从 A' 拉回至 A 。磁通量差以及因此产生的磁通密度差与初级电压 V_P 和初级电压施加时间 t_{ON} 的乘积成正比： $B \cong V_P \times t_{ON}$ 。

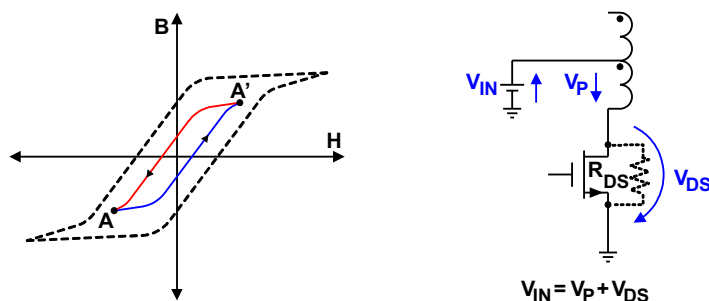


图 7-4. 通过 $R_{DS(on)}$ 的正温度系数进行的磁芯磁化和自调节

该伏秒 ($V \cdot t$) 乘积非常重要，因为该乘积决定了每个开关周期内的磁芯磁化强度。如果两个相位的 $V \cdot t$ 乘积不相同，则磁通密度摆动不平衡会导致偏离 $B \cdot H$ 曲线的原点。如果没有恢复平衡，则偏移在每个后续周期中都会增加，并且变压器会缓慢地向饱和区域移动。

7.4 器件功能模式

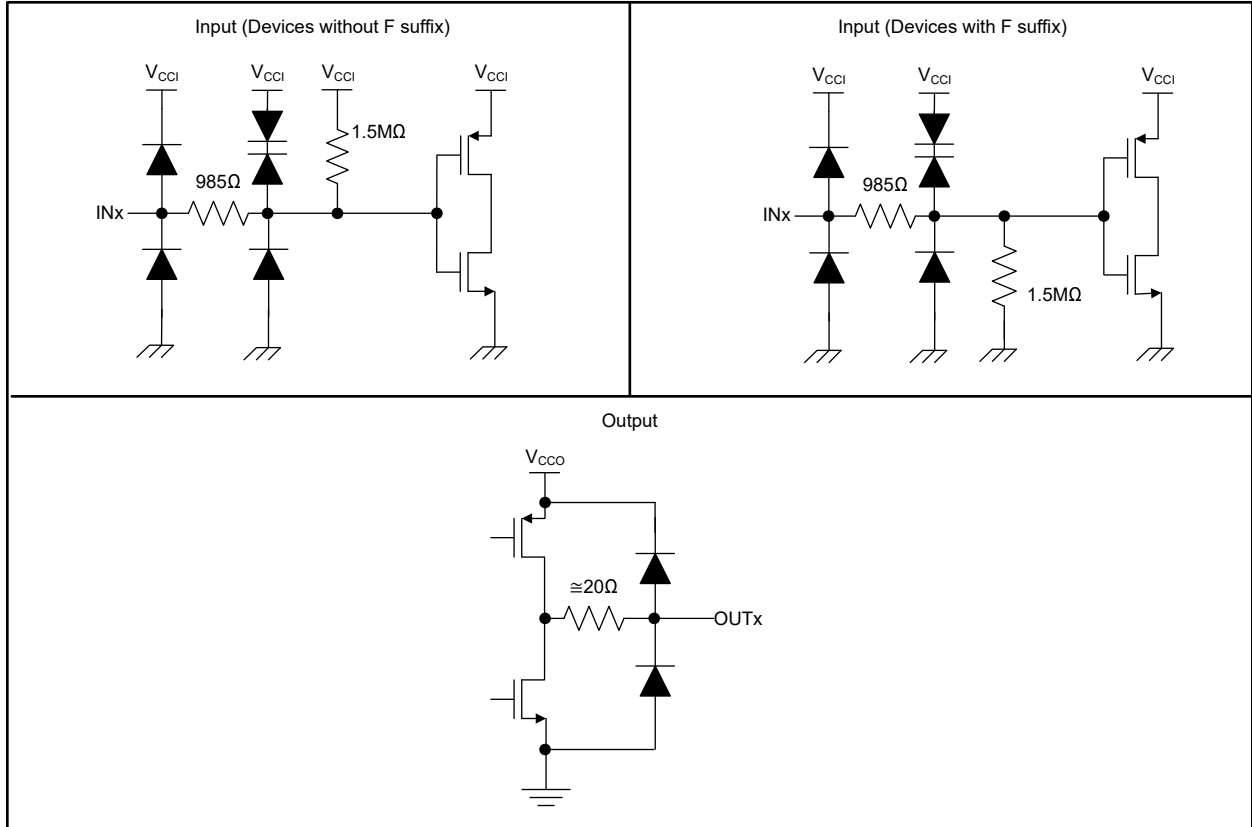
表 7-2 列出了 ISO774xT 器件的功能模式。

表 7-2. 功能表

V_{CCI}^1	V_{CCO}	输入 (INx) ³	输出 (OUTx)	注释
PU	PU	H	H	正常运行： 通道输出假定输入的逻辑状态。
		L	L	
		开路	默认值	默认模式：INx 断开时，相应通道输出进入默认逻辑状态。ISO774xTx 默认为高电平，ISO774xFTx 默认为低电平。
PD	PU	X	默认值	默认模式： V_{CCI} 未上电时，通道输出根据所选默认选项假定逻辑状态。ISO774xTx 默认为高电平，ISO774xFTx 默认为低电平。 V_{CCI} 从未上电转换为上电时，通道输出假定输入的逻辑状态。 V_{CCI} 从上电转换为未上电时，通道输出假定所选默认状态。
X	PD	X	不确定	V_{CCO} 未上电时，通道输出不确定 ² 。 V_{CCO} 从未上电转换为上电时，通道输出假定输入的逻辑状态。

- V_{CCI} = 输入侧 V_{CC} ； V_{CCO} = 输出侧 V_{CC} ；PU = 上电 ($V_{CC} \geq 2.25V$)；PD = 断电 ($V_{CC} \leq 1.7V$)；X = 不相关；H = 高电平；L = 低电平；Z = 高阻抗
- 当 $1.7V < V_{CCI}$ 且 $V_{CCO} < 2.25V$ 时，输出为不确定状态。
- 强驱动输入信号可通过内部保护二极管为浮动 V_{CC} 提供微弱的电能，导致输出不确定。

7.4.1 器件 I/O 原理图



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 7-5. 器件 I/O 原理图

7.4.2 启动模式

V_{CC1} 的电源电压上升到 2.25V 时，内部振荡器开始工作。输出级开始切换，但 D1 与 D2 的漏极信号振幅尚未达到最大值。

ISO774xT-Q1 器件支持软启动功能。上电后，输出功率 MOSFET 的栅极驱动器会在一段时间内，从 0V 逐渐增加到 V_{CC1} 。软启动不仅能够避免来自 V_{CC1} 的高浪涌电流，也能为大型次级侧去耦电容器充电，还能够防止上电期间次级电压过冲。

7.4.3 运行模式

器件电源达到额定值的 $\pm 10\%$ 时，振荡器完全运行。但是，电源电压与工作温度的变化可能会改变 D1 与 D2 的转换频率。

7.4.4 扩频时钟

辐射发射是大电流开关电源中的一个重要问题。ISO774xT-Q1 变压器驱动器能够通过对其内部时钟进行调制，将发射能量分布在多个频带上的方式，解决这一问题。该扩频时钟功能能够大幅提高整个电源模块的发射性能，从而使系统设计人员从隔离式电源设计的一个主要问题中解脱出来。

8 应用和实例

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定各元件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计是否能够实现，以确保系统功能。

8.1 应用信息

该器件是一款具有集成式高效变压器驱动器的高性能四通道增强型数字隔离器。数字隔离器通常需要两个相互隔离的电源来为器件的两侧供电。由于集成了变压器驱动器，因此，只需使用外部变压器，就能够产生为器件隔离侧与隔离侧外设供电的隔离式电源，进而在不影响效率的情况下节省电路板空间。 V_{CC1} 和 V_{CC2} 这两个电源的电压范围均为 2.25V 至 5.5V。使用数字隔离器进行设计时，请注意由于采用的是单端设计结构，数字隔离器不符合任何特定的接口标准，并仅用于隔离单端 CMOS 或 TTL 数字信号线。不管接口类型或标准如何，隔离器通常都放在数据控制器（即 μC 或 UART）和数据转换器或数据线收发器之间。

该器件专为布板空间有限但又希望具有高集成度的应用而设计。此外，该器件还被设计用于具有支持高电压隔离的电源变压器的超高电压应用。

8.2 典型应用

以下应用电路是通常来自用于 SPI 隔离的本地稳压微控制器电源的 3.3V 输入电源。对于需要不同匝数比的 5V 输入电压，可参阅 [变压器制造商](#) 所列变压器制造商与相应网站

表 8-1. 变压器制造商

制造商	更多信息
Coilcraft Inc.	http://www.coilcraft.com
Halo-Electronics Inc.	http://www.haloelectronics.com
Murata Power Solutions	http://www.murata-ps.com
伍尔特电子明康有限公司	http://www.midcom-inc.com

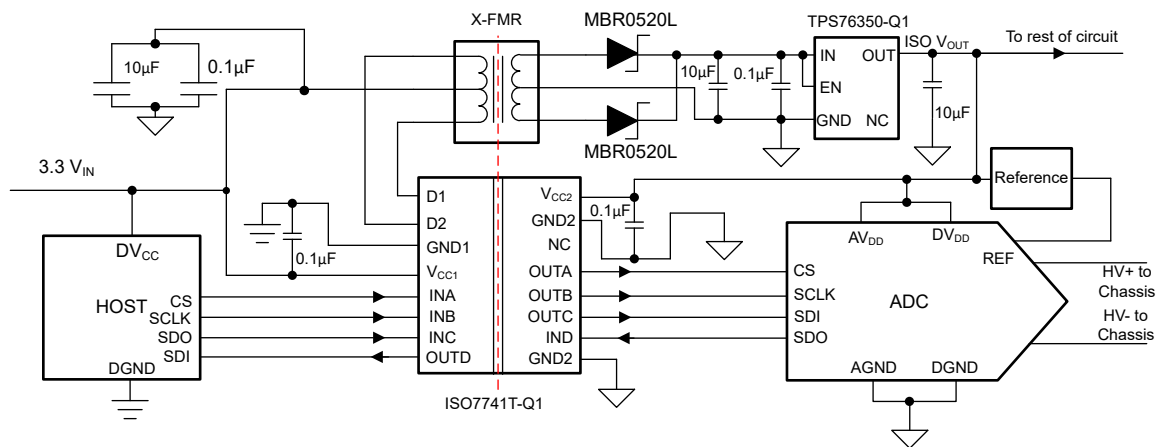


图 8-1. 采用 ISO774xT-Q1 的 ADC 感测应用的隔离式电源与 SPI

8.2.1 设计要求

若要使用这些器件进行设计，请使用[设计参数](#)中所列参数。

表 8-2. 设计参数

参数	值
电源电压, V_{CC1}	2.25V 至 5.5V
V_{CC1} 和 GND1 之间的去耦电容器	0.1 μ F + 1 μ F 至 10 μ F
V_{CC2} 和 GND2 之间的去耦电容器	0.1 μ F + 1 μ F 至 10 μ F

8.2.2 详细设计过程

以下有关元件选择的建议聚焦于设计具有高电流驱动能力的高效推挽式转换器。与普遍观点相反，非稳压转换器的输出电压会在宽负载电流范围内显著下降。例如，[图 8-2](#) 与 [图 8-3](#) 中的特性曲线显示了最小负载下 V_{OUT} 与最大负载下 V_{OUT} 之间的差值超出了收发器电源电压范围。因此，为了在提供稳定的、不受负载影响的电源的同时最大限度地提升效率，强烈建议采用低压差稳压器 (LDO)。

8.2.2.1 驱动能力

变压器驱动器专为低功耗推挽式转换器而设计，输入与输出电压范围为 2.25V 至 5.5V。尽管可以设计更高输出电压的转换器，但必须注意，提高匝数比时，不能导致初级电流超过器件的规定电流限值。

8.2.2.2 LDO 选择

合适的低压降稳压器的最低要求为：

- 电流驱动能力必须略高于应用的规定负载电流，避免 LDO 降至稳压范围以下。因此，对于 550mA 的负载电流，应选择 600mA 至 700mA 的 LDO。尽管具有更高驱动能力的稳压器是可以接受的，但该等稳压器往往也具有更高的压降电压，会导致转换器整体效率降低。
- 为保持效率，必须最大限度降低规定负载电流下的内部压降电压 V_{DO} 。对于低成本 700mA LDO，在 700mA 下 600mV 的 V_{DO} 很常见。但要注意的是，这一降低数值通常是在室温条件下规定的，随着温度升高，该数值可能会增加到原有数值的 2 倍，这又会导致所需最小输入电压升高。
- 防止稳压器降至线路调节范围以下所需的最小输入电压由以下公式给出：

$$V_{I-min} = V_{DO-max} + V_{O-max} \quad (1)$$

为了确定最坏情况下的 V_I ，用户必须确定 LDO 数据表中规定的用于额定输出电流（即：600mA）的 V_{DO} 与 V_O 的最大值，然后将该等数值相加。此外，用户还必须规定，在规定的负载电流下，推挽式整流器的输出电压等于或大于 V_{I-min} 。如果输出电压不等于或大于 V_{I-min} ，LDO 就会丧失线路调节功能，输入端任何变化都会直接传递到输出端。因此，在低于 V_{I-min} 时，输出电压会跟随输入，调节器的行为就像一个简单的导体。

- 最大稳压器输入电压必须高于空载时的整流器输出。在这种情况下，没有次级电流反射回初级，因此使 R_{DS-on} 上的电压降可以忽略不计，并允许整个转换器输入电压在初级上下降。此时，次级电压达到最大电压

$$V_{S-max} = V_{IN-max} \times n \quad (2)$$

其中 V_{IN-max} 为最大转换器输入电压， n 为变压器匝数比。因此，为避免 LDO 损坏，稳压器的最大输入电压必须大于 V_{S-max} 。[表 8-3](#) 列出了推挽式转换器中常用的各种匝数比的最大次级电压。

表 8-3. 各种推挽配置所需的最大 LDO 输入电压

配置	推挽式转换器			LDO
	V_{IN-max} [V]	匝数比	V_{S-max} [V]	V_{I-max} [V]
3.3 V_{IN} 至 3.3 V_{OUT}	3.6	1.5 \pm 3%	5.6	6 至 10
3.3 V_{IN} 至 5 V_{OUT}	3.6	2.2 \pm 3%	8.2	10
5 V_{IN} 至 5 V_{OUT}	5.5	1.5 \pm 3%	8.5	10

8.2.2.3 二极管选型

整流二极管必须始终具有较低的正向电压，以便最大限度提升转换器输出电压。但在 ISO774xTx-Q1 等高频转换应用中使用，二极管还必须具有较短的恢复时间。肖特基二极管同时满足这两个要求，因此强烈建议在推挽式转换器设计中使用肖特基二极管。对于低压应用以及不超过 85°C 的环境温度而言，低成本的肖特基整流器 MBR0520L 是一个不错的选择，在 100mA 正向电流下的正向电压典型值为 275mV。对于较高的输出电压（例如： $\pm 10V$ 及以上），可使用能够提供更高直流阻断电压（30V）的 MBR0530。

实验室测量结果表明，温度高于 100°C 时，上述肖特基二极管的漏电流将会显著增加。该等条件会导致热失控，进而导致整流器输出电压崩溃。因此，环境温度高于 85°C 时，可使用较低的漏电流肖特基二极管（例如：RB168MM-40）。

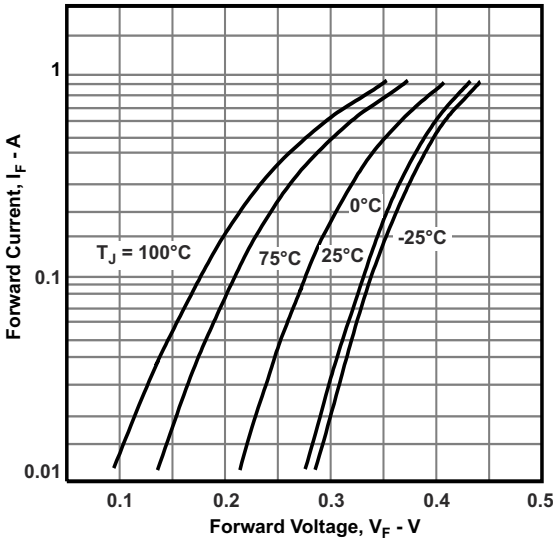


图 8-2. MBR0520L 的二极管正向特性

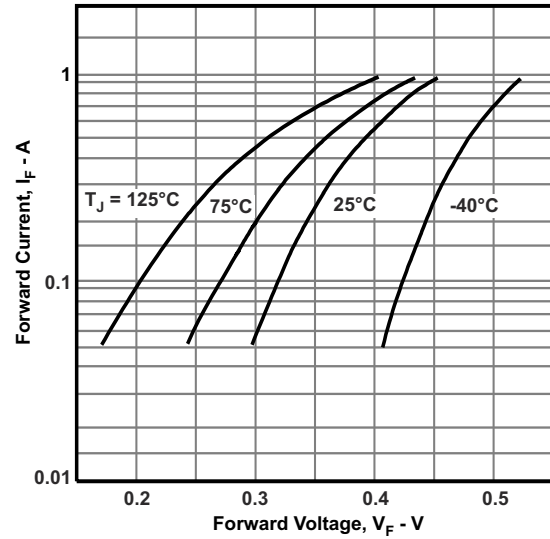


图 8-3. MBR0530 的二极管正向特性

8.2.2.4 电容器选型

与所有高速 CMOS IC 一样，该器件需要一个 10nF 至 100nF 的旁路电容器。

初级中心抽头处的输入大容量电容器能够在快速转换瞬态期间为初级提供大电流。为最大限度减小纹波，电容应为 1 μF 至 10 μF 。在具有专用接地层的双层 PCB 设计中，将该电容器放置在靠近初级中心抽头的位置，以便最大限度减小布线电感。在具有低电感接地参考平面与 V_{CC} 的四层 PCB 设计中，可以将电容器放置在电路板电源入口处。为提供低电感路径，请为连接参考平面或初级中心抽头的每个连接使用两个并联过孔。

整流器输出端的大容量电容器可使输出电压变得平滑。将该电容器的电容设置为 1 μF 至 10 μF 。

对于稳压器输入端，不一定需要小电容。不过，良好的模拟设计实践表明，使用 47nF 至 100nF 的较小值，能够改善稳压器的瞬态响应与噪声抑制能力。

LDO 输出电容器能够为后续隔离器与收发器电路提供稳压输出缓冲。输出电容器的选择取决于数据表中规定的 LDO 稳定性要求。不过，多数情况下，4.7 μF 至 10 μF 范围内的低 ESR 陶瓷电容器能够满足该等要求。

8.2.2.5 变压器选择

8.2.2.5.1 V-t 积计算

为避免变压器饱和，V-t 乘积必须大于器件施加的最大 V-t 乘积。器件提供的最大电压等于标称转换器输入电压加上 10% 的裕量。电压施加到初级上的最长时间等于指定输入电压下最低频率周期的一半。因此，可通过以下方式，确定变压器的最小 V-t 乘积：

$$V_{t_{\min}} \geq V_{IN - \max} \times \frac{T_{\max}}{2} = \frac{V_{IN - \max}}{2 \times f_{\min}} \quad (3)$$

例如，采用 5V 电源情况下，ISO774xTA-Q1 的 f_{\min} 等于 138kHz，ISO774xTB-Q1 的 f_{\min} 等于 363kHz，可根据以下公式，计算得到最小 V-t 乘积：

$$V_{t_{\min}} \geq \frac{5.5V}{2 \times 138\text{kHz}} = 20V\mu\text{s} \quad (\text{适用于 ISO774xTA-Q1 应用})，\text{以及}$$

$$V_{t_{\min}} \geq \frac{5.5V}{2 \times 363\text{kHz}} = 7.6V\mu\text{s} \quad (\text{适用于 ISO774xTB 应用})$$

低功耗中心抽头式变压器的常见 V-t 值范围为 $22V \cdot \mu\text{s}$ 至 $150V \cdot \mu\text{s}$ ，典型尺寸为 10mm x 12mm。但是，专为 PCMCIA 应用设计的变压器能够提供低至 $11V \cdot \mu\text{s}$ 的电压，占地面积同样显著减小，仅为 6mm x 6mm。

尽管在 Vt 范围内所有这些变压器都可以由该器件驱动，但在做出最终决定之前必须考虑其他重要因素，例如隔离电压、变压器功率和匝数比。

8.2.5.2 匝数比估算

假定整流二极管与线性稳压器已选定，并且所选变压器的 V-t 乘积不小于 $11V \cdot \mu\text{s}$ 。然而，在搜索制造商网站，进而寻找合适的变压器以前，用户仍需了解能够确保推挽式转换器在指定的电流与温度范围以内正常运行的最小匝数比。该最小变压比表示为最小次级电压与最小初级电压之比乘以（考虑 97% 的变压器典型效率后的）校正因数：

$$V_{P - \min} = V_{IN - \min} - V_{DS - \max} \quad (4)$$

$V_{S - \min}$ 必须足够大，以允许整流二极管上的最大压降 $V_{F - \max}$ 并且仍然为稳压器提供足够的输入电压以保持稳压。根据 [LDO 选择](#) 可知，该最小输入电压已知，添加 $V_{F - \max}$ 后，可以得到最小次级电压，其中：

$$V_{S - \min} = V_{F - \max} + V_{DO - \max} + V_{O - \max} \quad (5)$$

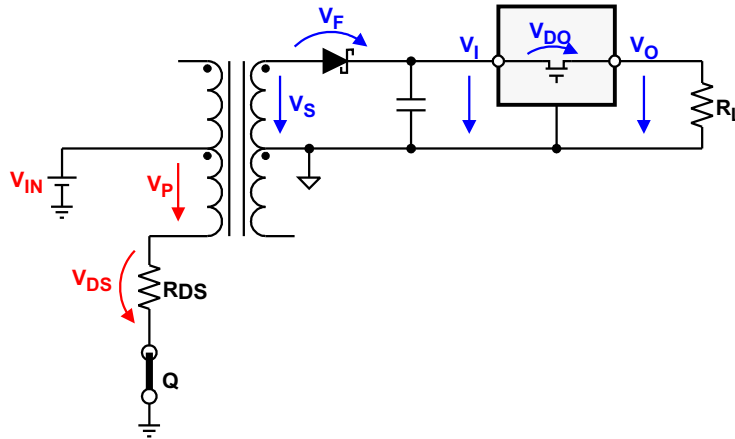


图 8-4. 通过 $N_{\min} = 1.031 \times V_{S - \min} / V_{P - \min}$ 来确定所需的最小匝数比

然后，可用的最小初级电压 $V_{P - \min}$ 计算包括从最小转换器输入电压 $V_{IN - \min}$ 中减去器件的最大可能漏源电压 $V_{DS - \max}$ ：

$$V_{P - \min} = V_{IN - \min} - V_{DS - \max} \quad (6)$$

不过， $V_{DS - \max}$ 是数据表中指定电源的最大 $R_{DS(on)}$ 和 I_D 值的乘积：

$$V_{DS - \max} = R_{DS - \max} \times I_{D - \max} \quad (7)$$

然后将 [方程式 7](#) 插入 [方程式 6](#) 可得到：

$$V_{P-\min} = V_{IN-\min} - R_{DS-\max} \times I_{D-\max} \quad (8)$$

并且将 [方程式 8](#) 与 [方程式 5](#) 插入 [方程式 4](#)，可以得到最小匝数比，其中：

$$n_{\min} = 1.031 \times \frac{V_{F-\max} + V_{DO-\max} + V_{O-\max}}{V_{IN-\min} - R_{DS-\max} \times I_{D-\max}} \quad (9)$$

示例：

对于使用整流二极管 MBR0520L 与 5V LDO 的 3.3V V_{IN} 至 5V V_{OUT} 转换器，负载电流为 600mA，最高温度为 85°C 时的数据表值为 $V_{F-\max} = 0.2V$ ， $V_{DO-\max} = 0.5V$ ， $V_{O-\max} = 5.1V$ 。

然后，假定转换器输入电压来自最大精度为 $\pm 2\%$ 的 3.3V 控制器电源，那么 $V_{IN-\min} = 3.234V$ 。最后，根据数据表确定 3.3V 时的漏源电阻与漏极电流的最大值： $R_{DS-\max} = 0.45\Omega$ 和 $I_{D-\max} = 700mA$ 。

将上述值插入 [方程式 10](#)，可以得到最小匝数比：

$$n_{\min} = 1.031 \times \frac{0.2V + 0.5V + 5.1V}{3.234V - 0.45\Omega \times 700mA} \quad (10)$$

对于适用于 3V 至 5V 推挽式转换器的多数市售变压器，匝数比介于 2.0 与 2.3 之间，常见容差为 $\pm 3\%$ 。

8.2.2.5.3 推荐的变压器

可根据不同应用，采用图 8-5 中的最小配置或图 8-6 中的标准配置。

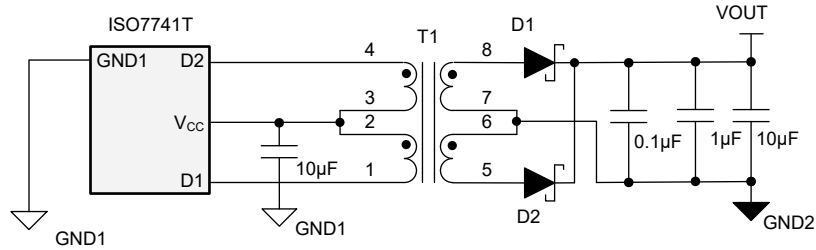


图 8-5. 适用于具有宽电源电压范围的低电平电流负载的非稳压输出

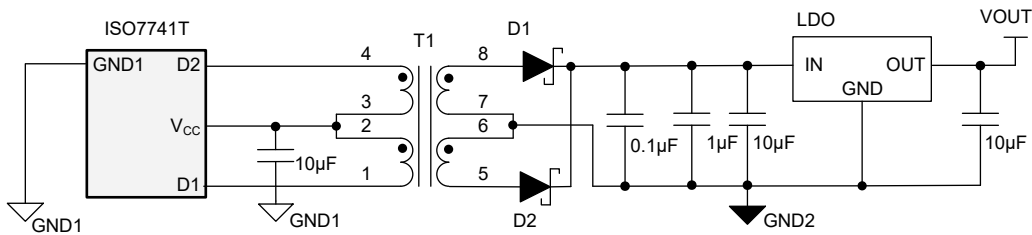


图 8-6. 适用于稳定电源与高电流负载的稳压输出

表 8-4 中的 Wurth Electronics Midcom 隔离变压器针对相应器件进行了优化设计，具有效率高、体积小、成本低的特点。

1:1.1 与 1:1.7 匝数比专为具有宽电源轨与低负载电流的逻辑应用而设计。该等应用无需 LDO 即可运行，进一步降低了成本。

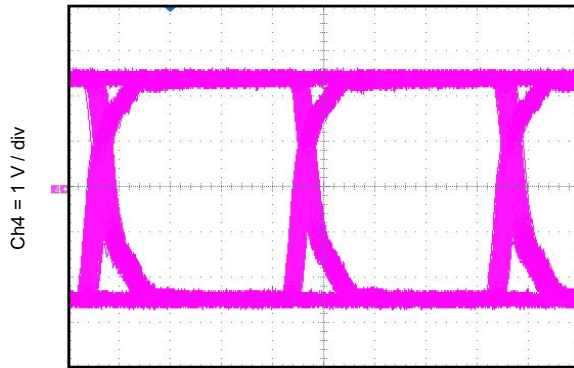
表 8-4. 针对器件进行优化的推荐的隔离变压器

匝数比	V × T (V·μs)	隔离 (V _{RMS})	尺寸 (mm)	应用	LDO ⁽¹⁾	订单号	制造商	
1:1.1 ±2%	7	2500	6.73 x 10.05 x 4.19	3.3V → 3.3V, 100mA, ISO774xTB-Q1,	否	760390011	Würth Electronics / Midcom	
1:1.1 ±2%	11			5V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1,		760390012		
1:1.7 ±2%				3.3V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1,		760390013		
1:1.3 ±2%				3.3V → 3.3V, 100mA, ISO774xTB-Q1,	760390014			
1:1.3 ±2%				5V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1,	760390014			
1:2.1 ±2%				3.3V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1,	760390015			
1.23:1 ±2%				5V → 3.3V, 100mA, ISO774xTB-Q1	750313710			
1:1.7 ±2%			8.9	8.3 x 12.6 x 4.1	3.3V → 3.3V, 1A, ISO774xTB-Q1,	是		750316028
1:2.1 ±2%	3.3V → 5V, 1A, ISO774xTB-Q1,		750316029					
1.3:1 ±2%	5V → 3.3V, 1A, ISO774xTB-Q1,		750316030					
1:1.1 ±2%	8.6		5000	9.14 x 12.7 x 7.37	3.3V → 3.3V, 1A, ISO774xTB-Q1 5V → 5V, 1A, ISO774xTB-Q1	否		750315371
1:1.1 ±2%	11				3.3V → 3.3V, 100mA, ISO774xTB-Q1			750313734
1:1.1 ±2%					5V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1			750313734
1:1.7 ±2%				3.3V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1	750313769			
1:1.3 ±2%		3.3V → 3.3V, 100mA, ISO774xTB-Q1 5V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1		750313638				
1:2.1 ±2%		3.3V → 5V, 100mA, ISO774xTB-Q1		750313626				
1.3:1 ±2%		5V → 3.3V, 100mA, ISO774xTB-Q1		750313638				
1:1.75 ±2%		41		12.32 x 15.41 x 11.05	3.3V → 3.3V, 1A, ISO774xTA-Q1,	是	750316031	
1:2 ±2%	3.3V → 5V, 1A, ISO774xTA-Q1,	750316032						
1.3:1 ±2%	5.0V → 3.3V, 1A, ISO774xTA-Q1,	750316033						
1:1.1 ±2%	23	12.32 x 15.41 x 11.89		3.3V → 3.3V, 1A, ISO774xTA-Q1 5V → 5V, 1A, ISO774xTA-Q1,		750315240		
1:3.5 ±2%	9	9.14 x 12.95 x 7.62		5V → 17.5V, 100mA, ISO774xTB-Q1	否	750342879		
1:3.9 ±2%		9.17 x 12.7 x 7.62		5V → 19.5V, 100mA, ISO774xTB-Q1		750343725		
1:3.75 ±2%	9.5	2500		8.3 x 12.6 x 4.1	5V → 18.75V, 100mA, ISO774xTB-Q1	否	78931812518	
1:4.75 ±2%			5V → 23.75V, 100mA, ISO774xTB-Q1		78931812523			
1:2.5 ±2%			5V → 12.5V, 200mA, ISO774xTB-Q1		78931812512			
1:3.13 ±2%			5V → 15.65V, 200mA, ISO774xTB-Q1		78931812515			
1:3.5 ±2%	16	6000	9.14 x 12.7 x 7.62	5V → 17.5V, 100mA, ISO774xTB-Q1		750320340		
1:1.3 ±3%	11	5000	10.4 x 12.2 x 6.1	3.3V → 3.3V, 300mA, ISO774xTB-Q1 5V → 5V, 300mA, ISO774xTB-Q1	否	HCT-SM-1.3-8-2	Bourns	
1:1.5 ±3%	34.4	2500	10 x 12.07 x 5.97	3.3V → 3.3V, 1A, ISO774xTB-Q1 5V → 5V, 1A, ISO774xTA/B-Q1	是	DA2303-AL	Coilcraft	
1:2.2 ±3%	21.5	2500	10 x 12.07 x 5.97	3.3V → 5V, 1A, ISO774xTA/B-Q1		DA2304-AL		

(1) 对于具有 LDO 的配置，会产生一个高于所需输出电压的电压，以便允许出现 LDO 压降。图中显示了 LDO 输入端的电压与效率。

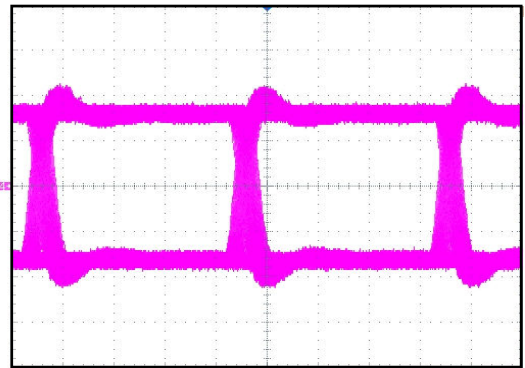
8.2.3 应用曲线

以下为器件的典型眼图，显示了 100Mbps 最高数据传输速率下的低抖动与宽开眼。



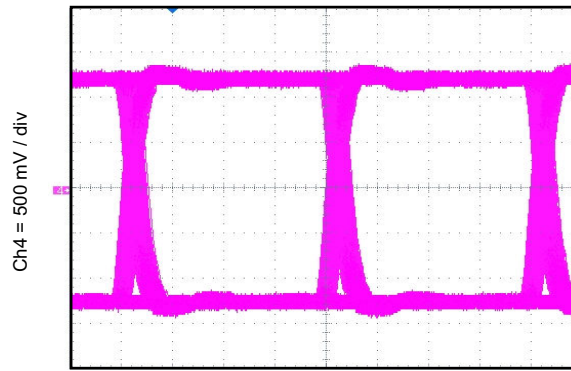
Time = 2.5 ns / div

图 8-7. 眼图：100Mbps PRBS 2¹⁶ - 1, 5V, 25°C



Time = 2.5 ns / div

图 8-8. 眼图：100Mbps PRBS 2¹⁶ - 1, 3.3V, 25°C



Time = 2.5 ns / div

图 8-9. 眼图：100Mbps PRBS 2¹⁶ - 1, 2.5V, 25°C

8.2.3.1 绝缘寿命

绝缘寿命预测数据是使用业界通用的时间依赖性电介质击穿 (TDDB) 测试方法收集的。在该测试中，隔离栅两侧的所有引脚都连在一起，构成了一个双端子器件并在两侧之间施加高电压；对于 TDDB 测试设置，请参阅图 8-10。绝缘击穿数据是在开关频率为 60Hz 以及各种高电压条件下在整个温度范围内收集的。对于增强型绝缘，VDE 标准要求使用故障率小于 1ppm 的 TDDB 预测线。尽管额定工作隔离电压条件下的预期最短绝缘寿命为 20 年，但是 VDE 增强认证要求工作电压具有额外 20% 的安全裕度，寿命具有额外 50% 的安全裕度，也就是说在工作电压高于额定值 20% 的条件下，所需的最短绝缘寿命为 30 年。

图 8-11 展示了隔离栅在其整个寿命期间承受高压应力的固有能力和能力。根据 TDDB 数据，固有绝缘能力为 1500V_{RMS}，寿命为 36 年。其他因素，比如封装尺寸、污染等级、材料组等，可能会进一步限制元件的工作电压。DW-16 封装的工作电压上限值可达 1500V_{RMS}。较低工作电压所对应的绝缘寿命远远超过 36 年。

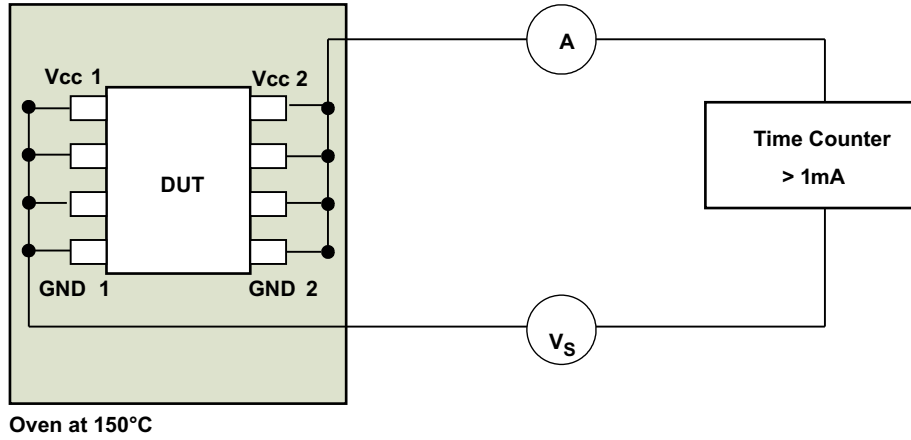


图 8-10. 绝缘寿命测量的测试设置

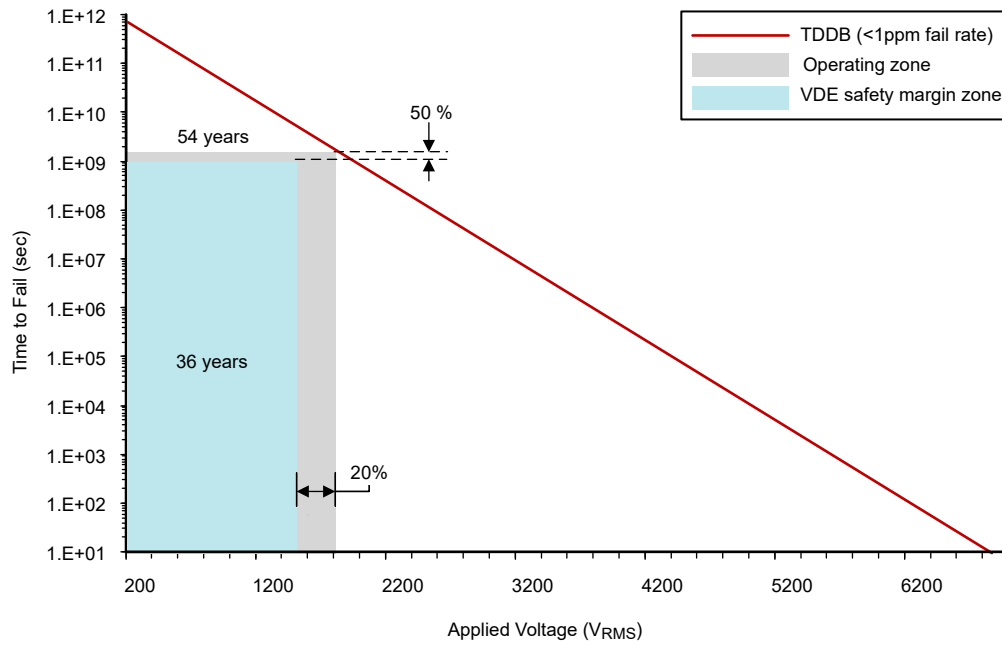


图 8-11. 绝缘寿命预测数据

8.2.4 系统示例

8.2.4.1 更高的输出电压设计

该器件可驱动推挽式转换器，推挽式转换器能够提供不超过 30V 的高输出电压或不超过 $\pm 15V$ 的双极输出电压。使用匝数比相对较低 (0.8 至 5) 的市售中心抽头变压器时，需要采用不同的整流器拓扑结构，以便实现高输出电压。图 8-12 至图 8-14 展示了其中一些拓扑结构及其各自的开路输出电压。

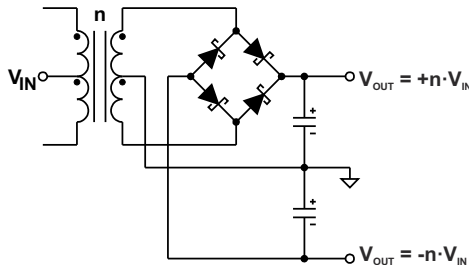


图 8-12. 具有中心抽头次级的桥式整流器可实现双极输出

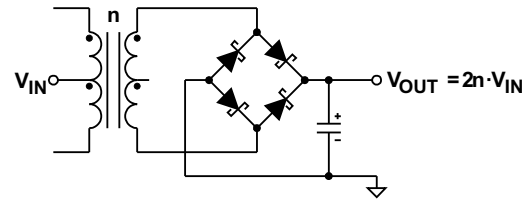


图 8-13. 无中心抽头次级的桥式整流器执行电压加倍

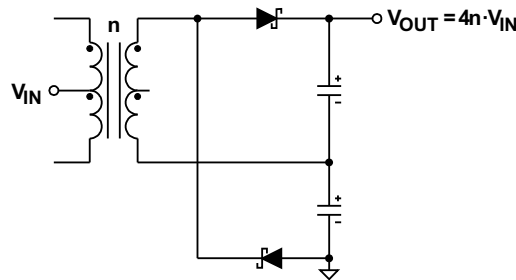


图 8-14. 无中心接地和中心抽头次级的半波整流器执行两次电压加倍，因此使 V_{IN} 变为原来的四倍

8.3 电源相关建议

该器件的设计操作输入电压范围为 2.5V 至 5V。该输入电源的稳压范围必须控制在 $\pm 10\%$ 以内。为确保在各种数据速率和电源电压条件下可靠运行，建议将 $0.1 \mu F$ 旁路电容器放置在输入和输出电源引脚 (V_{CC1} 和 V_{CC2}) 处。该电容必须尽量靠近电源引脚放置。必须在变压器中心抽头引脚附近连接一个 $10 \mu F$ 的电容器，以便实现可靠的功率传输。如应用图所示，借助变压器驱动器，能够为次级侧提供隔离式电源。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

至少需要四层才能实现低 EMI PCB 设计 (请参阅图 8-15)。层堆叠必须符合以下顺序 (从上到下)：高速信号层、接地平面、电源平面和低频信号层。

- 在顶层布置高速走线可避免使用过孔 (及其引入的电感)，并在隔离器与数据链路的发送器和接收器电路之间实现可靠互连。
- 通过在高速信号层旁边放置一个实心接地层，可以为传输线互连建立受控阻抗，并为返回电流提供出色的低电感路径。
- 靠近接地层放置电源层，会额外产生大约 $100pF/inch^2$ 的高频旁路电容。
- 在底层路由速度较慢的控制信号可实现更高的灵活性，因为这些信号链路通常具有裕量来承受过孔等导致的不连续性。
- 在两个电源的 V_{CC} 与 GND 引脚之间，必须连接一个低 ESR 的陶瓷旁路电容器。建议的电容器范围为 $0.1 \mu F$ 至 $10 \mu F$ 。电容器必须具有 10V 最小值的额定电压和 X5R 或 X7R 电介质。对于去耦电容，放置位置尽可能靠近 V_{CC} 与 GND 引脚。

- 为最大限度减小引线电感，器件 D1 和 D2 引脚与变压器初级端之间的接头以及器件 V_{CC1} 引脚与变压器中心抽头之间的接头必须尽可能接近。在变压器中心抽头引脚附近，必须连接一个 $10\ \mu\text{F}$ 的电容器。D1 与 D2 线路的长度匹配能够提供出色的效率与 EMI 性能。
- 为了最大限度提升效率，整流二极管必须为在 10mA 至 100mA 的电流范围以内具有较低正向电压的肖特基二极管。

如果需要额外的电源电压层或信号层，请在堆叠中添加另一个电源层或接地层系统，以使这些层保持对称。此设计可使堆叠保持机械稳定并防止其翘曲。此外，每个电源系统的电源和接地层可以放置得更靠近彼此，从而显著增大高频旁路电容。

有关详细的布局建议，请参阅 [数字隔离器设计指南](#)。

8.4.1.1 PCB 材料

对于运行速度低于 150Mbps (或上升和下降时间大于 1ns) 且布线长度达 10 英寸的数字电路板，请使用标准 FR-4 UL94V-0 印刷电路板。该 PCB 在高频下具有较低的电介质损耗、较低的吸湿性、较高的强度和刚度以及自熄性可燃性特征，因而优于较便宜的替代产品。

8.4.2 布局示例

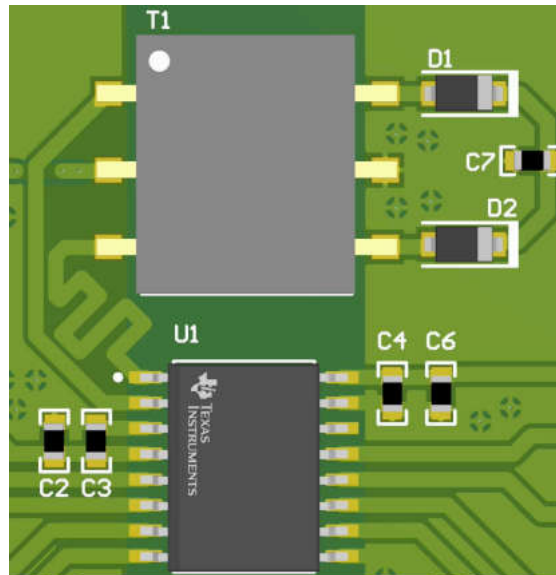


图 8-15. 示例布局

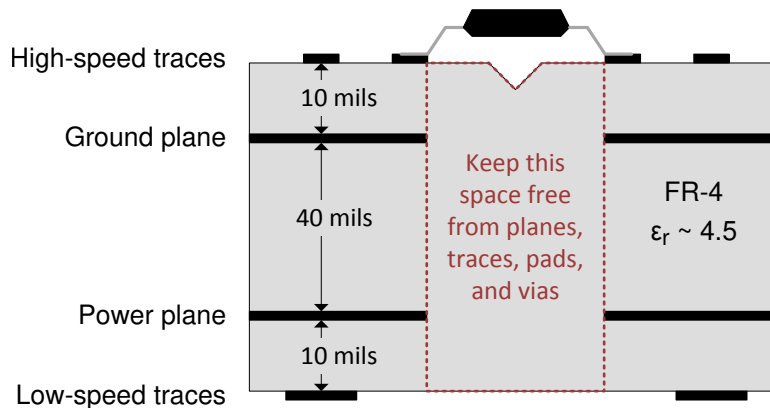


图 8-16. PCB 堆叠示例

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI), [数字隔离器设计指南](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [隔离相关术语](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [如何通过隔离改善工业系统的 ESD、EFT 和浪涌抗扰性](#) 应用手册

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

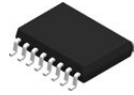
注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (July 2024) to Revision B (January 2025)	Page
更新了整个文档中的表格、图片以及交叉引用的编号格式.....	1
新增了引脚 SO7742Tx-Q1.....	1
将 HBM 和 CDM 值从 <i>特性</i> 部分移至 <i>ESD</i> 等级表.....	6
在所有“电气特性”表中将 CMTI 典型值从 75kV/μs 更改为 100kV/μs.....	12
添加了新器件 ISO7742Tx.....	13
在所有“开关特性”表中，将 t _{DO} 典型值从 6 μs 更改为 0.1 μs，并将最大值从 9 μs 更改为 0.3 μs.....	18

Changes from Revision * (April 2024) to Revision A (July 2024)	Page
更新了整个文档中的表格、图片以及交叉引用的编号格式.....	1
在所有“电气特性”表中将 CMTI 最小值从 40 更改为 85.....	12

11 机械、封装和可订购信息

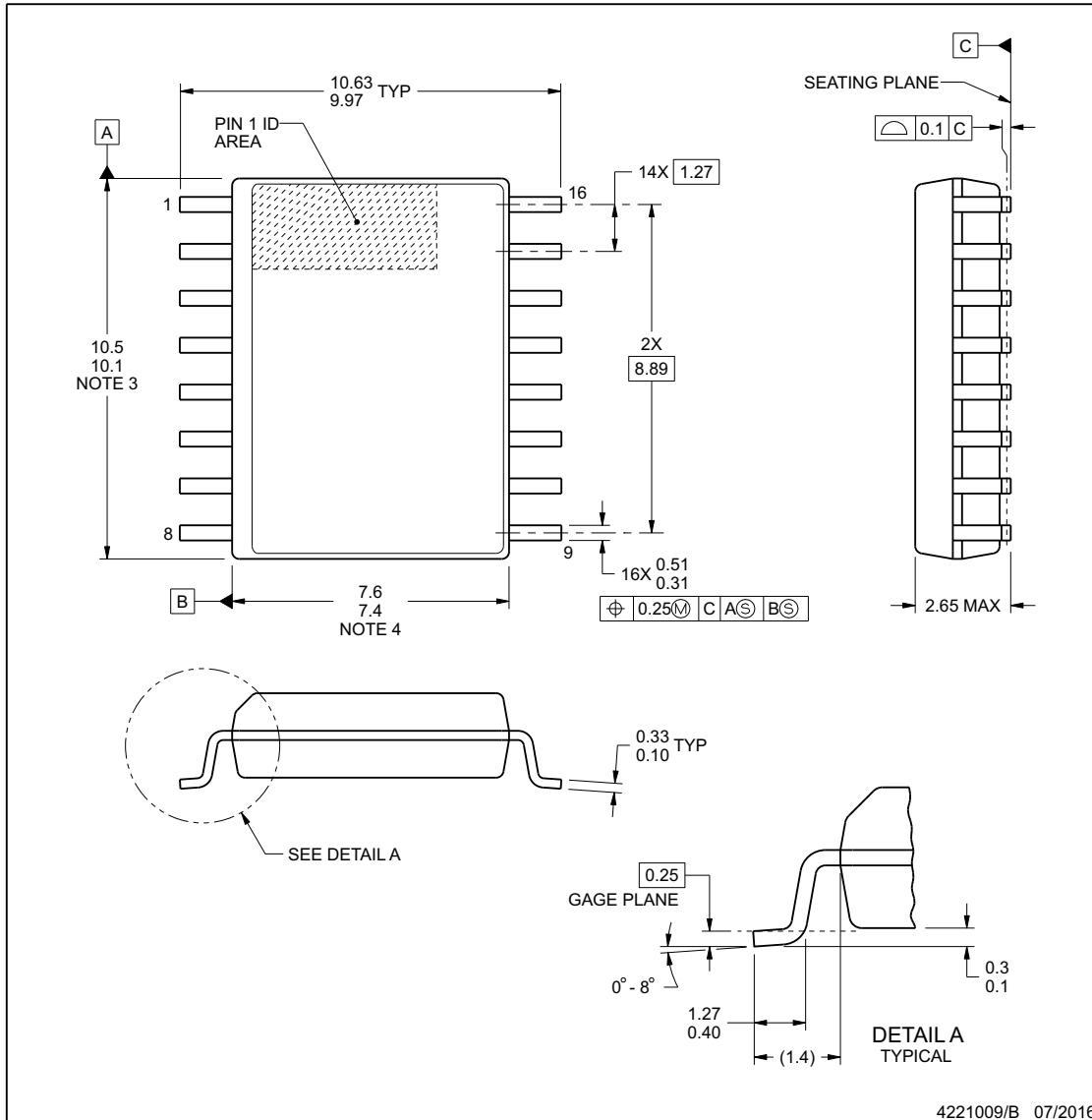
以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。



DW0016B

PACKAGE OUTLINE
SOIC - 2.65 mm max height

SOIC



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm, per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm, per side.
5. Reference JEDEC registration MS-013.

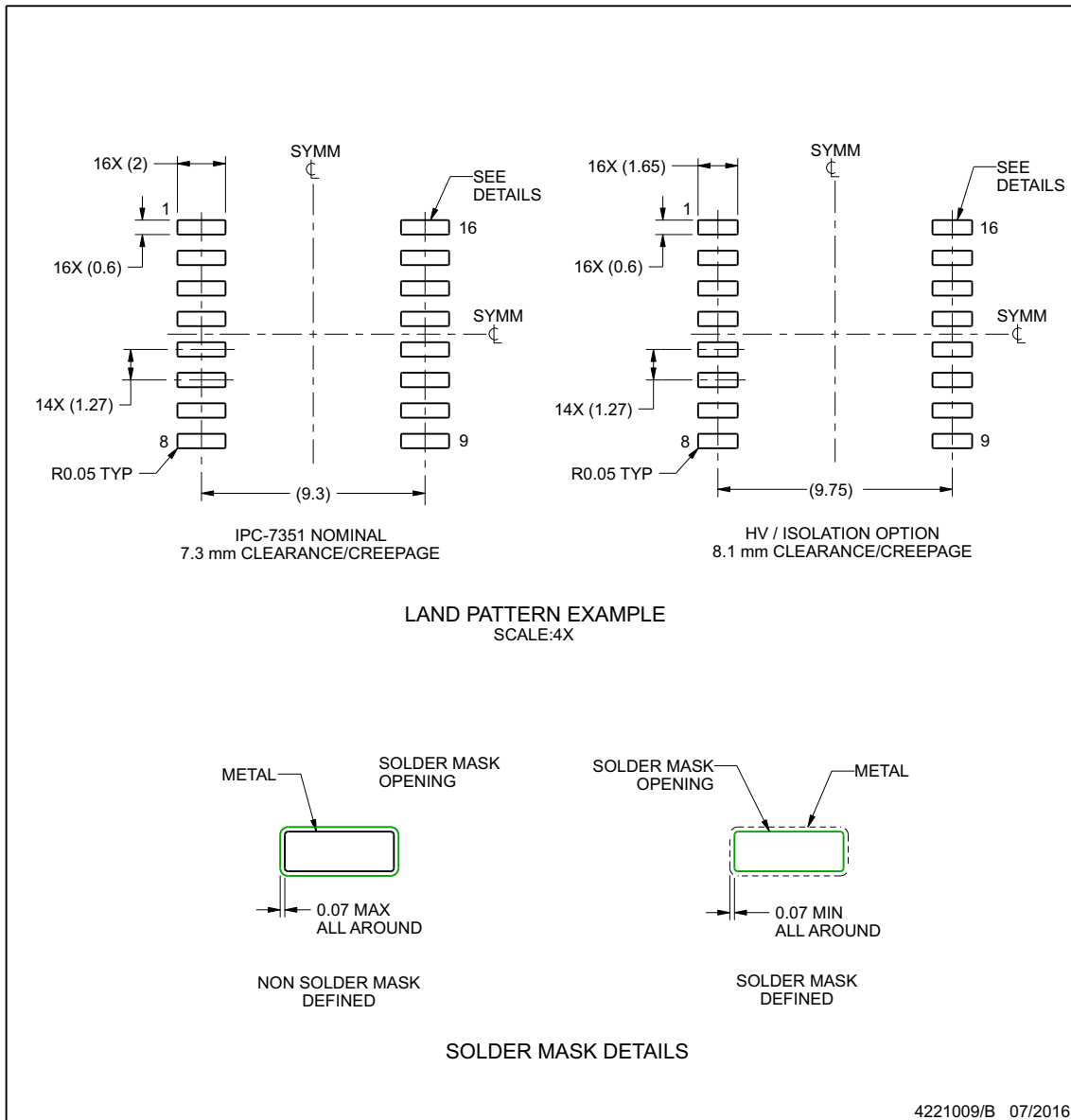
www.ti.com

EXAMPLE BOARD LAYOUT

DW0016B

SOIC - 2.65 mm max height

SOIC



NOTES: (continued)

- 6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
- 7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

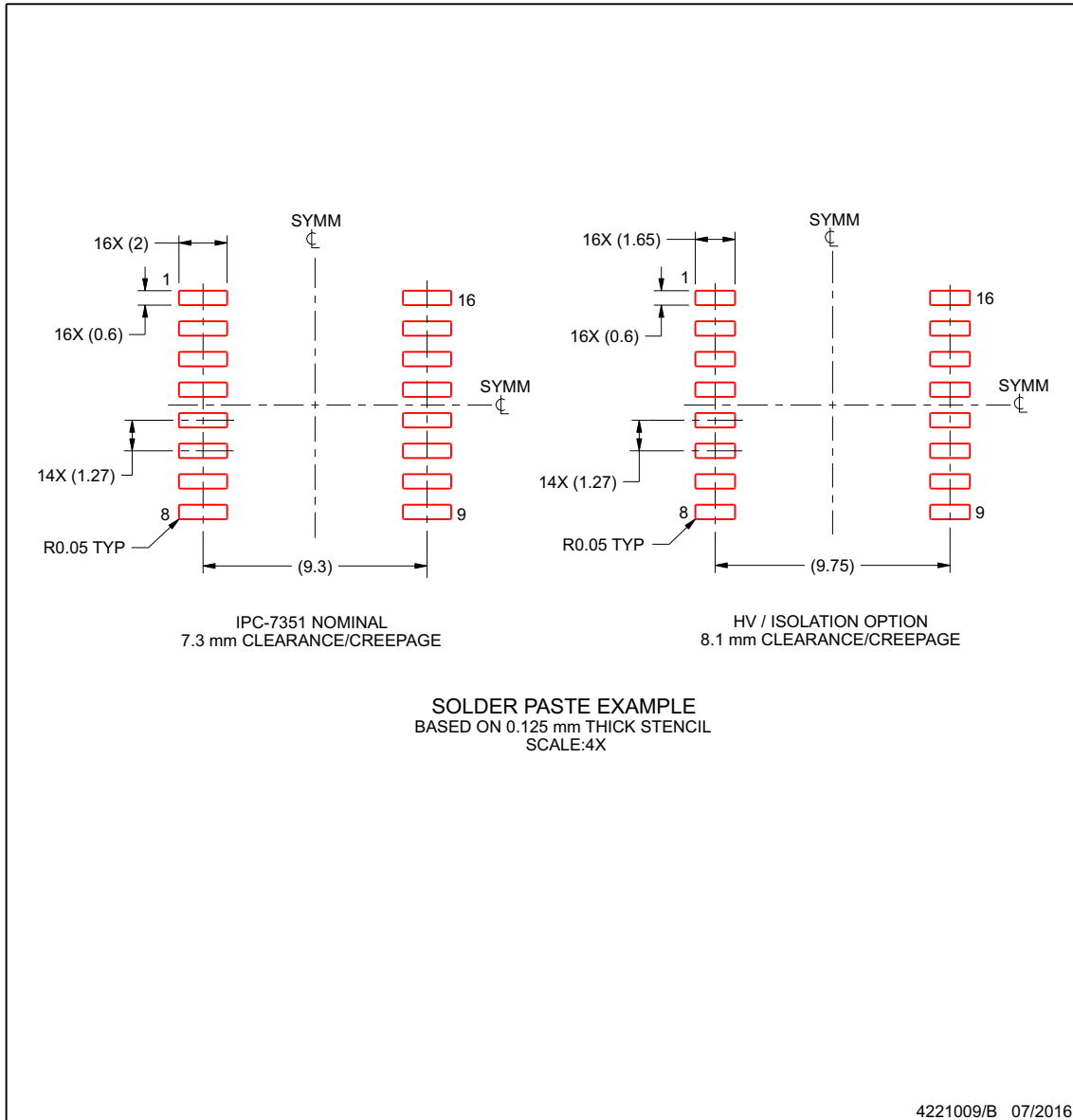
www.ti.com

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DW0016B

SOIC - 2.65 mm max height

SOIC

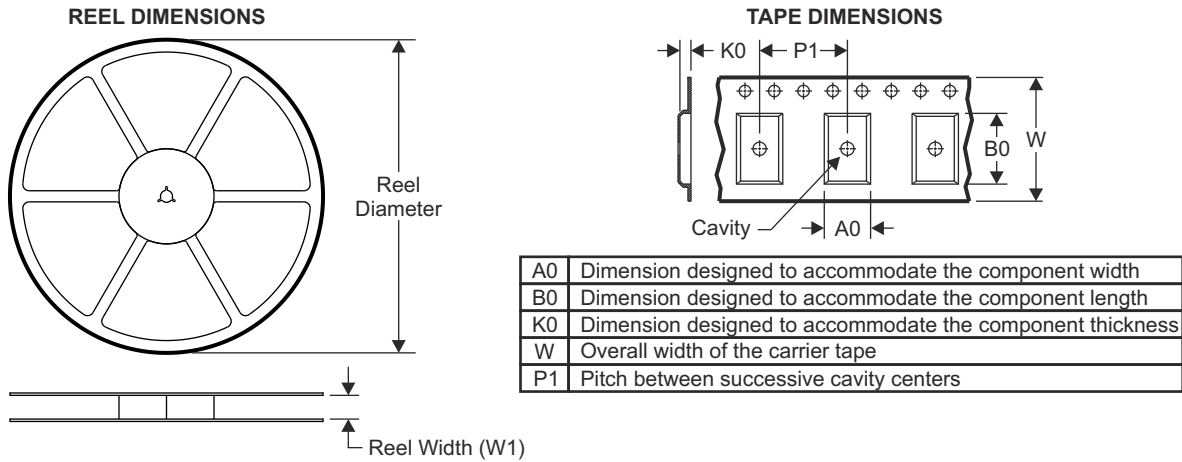


NOTES: (continued)

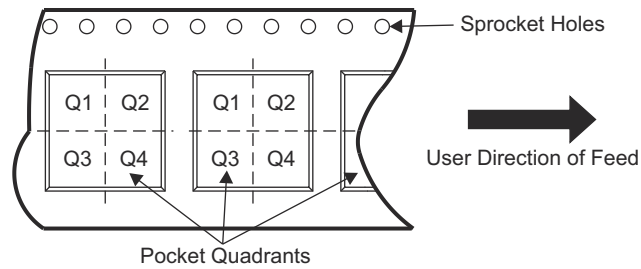
8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

www.ti.com

11.1 卷带包装信息



QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	卷带直径 (mm)	卷带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
ISO7741FTADWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7741FTBDWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7741TADWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7742TBDWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7742FTADWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7742FTBDWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7742TADWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1
ISO7742TBDWRQ1	SOIC	DW	16		330	16.4	10.75	10.7	2.7	12	16	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)
ISO7741FTADWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7741FTBDWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7741TADWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7741TBDWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7742FTADWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7742FTBDWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7742TADWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45
ISO7742TBDWRQ1	SOIC	DW	16		367	367	45

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead finish/ Ball material (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
ISO7741FTADWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7741FTA	Samples
ISO7741FTBDWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7741FTB	Samples
ISO7741TADWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7741TA	Samples
ISO7741TBDWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7741TB	Samples
ISO7742FTADWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7742FTA	Samples
ISO7742FTBDWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7742FTB	Samples
ISO7742TADWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7742TA	Samples
ISO7742TBDWRQ1	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	ISO7742TB	Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSELETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".

RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

⁽⁶⁾ Lead finish/Ball material - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
ISO7741FTADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7741FTBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7741TADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7741TBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7742FTADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7742FTBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7742TADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1
ISO7742TBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	330.0	16.4	10.75	10.7	2.7	12.0	16.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
ISO7741FTADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7741FTBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7741TADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7741TBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7742FTADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7742FTBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7742TADWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0
ISO7742TBDWRQ1	SOIC	DW	16	2000	367.0	367.0	45.0

GENERIC PACKAGE VIEW

DW 16

SOIC - 2.65 mm max height

7.5 x 10.3, 1.27 mm pitch

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4224780/A

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司