

如何切实有效地保护CMOS电路不受电源过压影响

作者: Mike Byrne

简介

所有的IC工艺都存在相关的本征击穿电压, 由此导致的最大电压应力将会施加于采用该工艺制造的任何器件。因此, 所有IC制造商都会提供其器件产品的绝对最大额定值技术规格, 一般是提供施加于器件任何引脚的最大电压。器件过压指超过绝对最大额定值的应力或电压施加于该器件。本应用笔记重点讨论CMOS和线性兼容CMOS器件的电源输入过压问题。

与IC工艺相关的本征击穿电压, 就是指该工艺中的晶体管、嵌入式齐纳二极管或其他此类元件会有一个确定的击穿电压。显然, 如果器件的正电源输入(VDD)和负电源输入(VSS)之间仅有一个此类元件, 那么VDD - VSS的绝对最大额定电压就是该元件的击穿电压。由于所需IC功能、硅片尺寸限制及其它因素影响, 因此无法总是确保IC内的任何单个元件上不会出现VDD - VSS。这意味着器件制造商将会选择可施加于电源的有限电压, 以防器件受损。因此, 器件制造商都会确定该限值, 并在器件的数据手册上规定一个绝对最大额定值, 以保证器件安全地处于击穿电压内。器件的用户也必须确保施加于器件的工作电压处于绝对最大额定值范围内。那么, 问题出在哪里呢?

电源尖峰

问题不是出在容易控制的电源稳态值上, 而是电源线路的电压尖峰引起的。大部分系统中, 此类电压尖峰最可能发

生在电源开启和关闭期间。另外开关电源, 或器件在拥有大型电机的高噪声环境下工作时也可能产生电压尖峰。在此期间, 根据电源的输出阻抗、电源的负载和电源的总体设计情况, 电源电压可能过冲明显超过其标称值, 并且在这种情况下, 超过器件的绝对最大额定值(参见图1)。

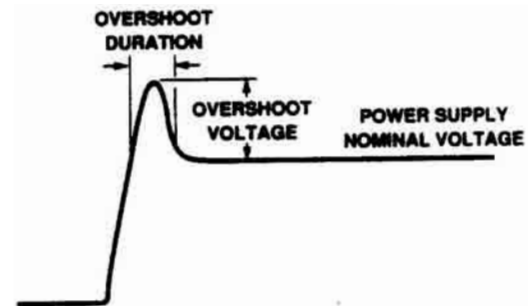


图1. 电源开启尖峰

过去一直都采用齐纳和肖特基二极管等外部箝位元件, 将电压尖峰限制在足够短的持续时间内, 防止对器件造成任何损害。但是, 随着CMOS和线性兼容CMOS工艺几何尺寸的缩小, 采用此类工艺制造的器件速度变得越来越快。这意味着, 在正常工作模式下, 用户可以享受到高速度、高带宽等好处。但是, 这也意味着采用更快工艺制造的元件要对更短暂的电源瞬态做出响应。器件对约1 μ s或更短持续时间的电源瞬态做出响应并不少见。这表明, 使用齐纳和肖特基二极管保护器件的传统方法不再能够可靠地保护器件。因为在许多情况下, 它们对电压尖峰或瞬态的响应速度要比器件的响应慢, 所以无法提供任何保护。

瞬态电压抑制器

为了提供充分的保护，保护元件需要对电压尖峰或瞬态做出非常迅速的响应。具有此功能的理想器件是瞬态电压抑制器或TransZorb。^{*}TransZorb抑制器属于PN硅瞬态电压抑制器，具有电涌处理能力、极短的响应时间和低串联电阻特性。其响应时间可低至1ns，同时箝位比（箝位电压与标称电压之比）较低。TransZorb保护器件的方式取决于实际应用，下面将讨论几种不同情况。在任何情况下，TransZorb都应尽可能靠近其所保护的器件，以降低TransZorb和器件之间的电阻。

单电源系统

第一种情况是要保护的CMOS器件采用单电源轨供电。显然，在此情况下，击穿路径在此单电源轨和器件的接地轨之间。这种情况下，如图2所示，在电源轨与地之间连接单个瞬态抑制器就能可靠地保护器件，免受开关瞬态的影响。此TransZorb将通过箝位电源轨和接地轨之间的电压差，保护器件不受两轨的瞬态影响。TransZorb具有各种不同的电压额定值，表1列出了针对部分常用电源电压推荐的TransZorb产品型号。

双电源系统

第二种情况是器件采用两个供电轨供电。在此情况下，可能存在多个击穿路径。第一条在正负供电轨之间，第二条在正供电轨和地之间，第三条是在负供电轨和地之间。对于双电源系统，有两种保护方案。

^{*}TransZorb是General Semiconductor Industries, Inc.的注册商标。

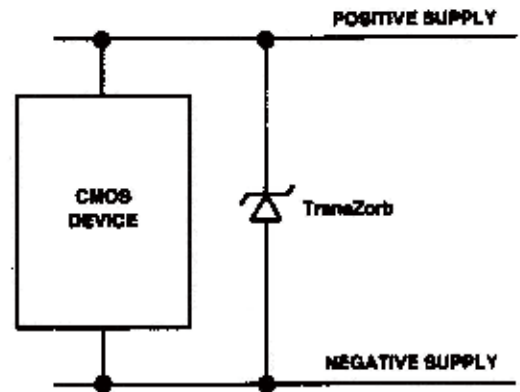


图2. 在单电源系统中使用TransZorb

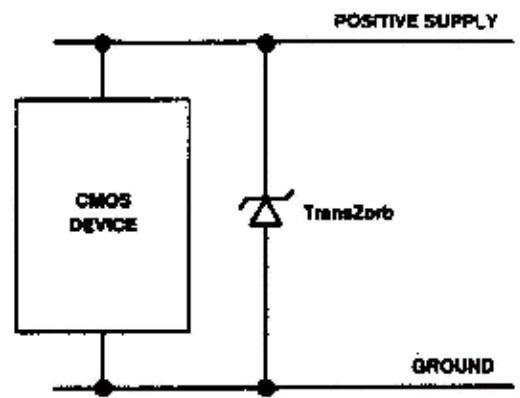


图3. 双电源、单TransZorb配置

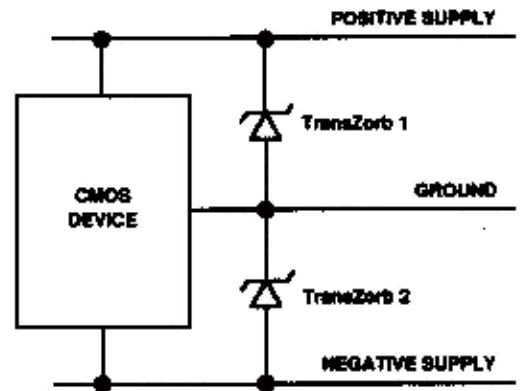


图4. 双电源、双TransZorb配置

电源电压	TransZorb产品型号 (JEDEC型号)	反向关态电压	最大箝位电压, 1A†	最大箝位电压, 10A†
+5 V电源	1N6373	+5V	+7.1 V	+7.5 V
-5 V电源	1N6373	-5V	-7.1 V	-7.5 V
+12 V电源	1N6376	+12V	+16.1 V	+16.5 V
-12 V电源	1N6376	-12V	-16.1 V	-16.5 V
+15 V电源	1N6377	+15V	+20.1 V	+20.6 V
-15 V电源	1N6377	-15V	-20.1 V	-20.6 V

†是峰值脉冲电流。

表I. 建议用于图2、图4的TransZorb

电源电压	TransZorb产品型号 (JEDEC型号)	反向关态电压	最大箝位电压, 1A†	最大箝位电压, 10A†
±5V	1N6375	10V	13.7 V	14.1 V
+5V、-12V	1N6378	18V	24.2 V	25.2 V
+5V、-15V	1N6379	22 V	29.8 V	32.0 V
+12 V、-5V	1N6378	18V	24.2 V	25.2 V
±12V	1N6282A	25.6 V	32.0 V‡	33.0 V‡
+15 V、-5V	1N6379	22 V	29.8 V	32.0 V
±15V	1N6484A	30.8 V	38.5 V‡	39.5 V‡

†是峰值脉冲电流。

‡是典型值。TransZorb可提供比上表所示JEDEC产品型号更低的箝位电压。

表II. 建议用于图3的TransZorb

有些情况下，如图3所示，在两条供电轨之间连接单个TransZorb便足以保护器件。这种情况下，TransZorb的电压额定值等于两个电源电压之和。此单TransZorb配置假设一个电源出现尖峰时，另一个电源提供较低的输出阻抗。同时还假设出现尖峰时，两个电源能够提供额外的吸电流或源电流。如果这些假设成立，那么任一个电源出现尖峰时，所有三条击穿路径都可以受到保护。例如，如果正电源为+5 V，负电源为-15 V，则TransZorb的额定值为20 V。假设+5V电源有+15V尖峰，TransZorb将对此作出反应，吸收该尖峰并将电流吸至-15V电源。这意味着-15 V电源必须能够提供额外吸电流。如果能做到这点，-15V电源的-15 V电平在尖峰期间就不会变化，并且TransZorb将确保正电源不会高出此电平20V以上。这意味着，正电源不会升至+5 V以上，负电源不会改变-15 V电平，并且所有击穿路径都受到保护。表II针对一些常用双电源电压举例推荐了部分TransZorb。

但在两种情况下，在正负电源上采用单TransZorb方案却不能始终保护器件。第一种情况如上所述，其中一个电源在尖峰期间不能提供额外吸电流或源电流，或者任一电源在尖峰期间不具有低输出阻抗。此处应注意，虽然在稳态条件下电源可能存在一个低输出阻抗，但其在开启或关闭期间的阻抗可能会不同。以前面的例子说明，如果-15 V电源不能提供所需的尖峰吸电流，这意味着负电源不再处于-15 V。TransZorb仍会将两个电源箝位在一起，因此两个电源之间的击穿路径受到保护。但是，任一电源的绝对值都不再明确固定。如果我们假设因为不能提供吸电流使-15 V变为（比如）-5 V，这意味着正电源变为+15 V。这可能会超出正电源与地之间的击穿路径，并导致器件损坏。

第二种情况，尖峰出现在接地线路而非任一条电源轨上。例如，接地线路上的+10V正尖峰不会使TransZorb开启，但地与负电源之间的电压差现在是25V，这会超出负电源轨与地之间的击穿电压。

在这些情况下，推荐使用双TransZorb方案，如图4所示。这种双TransZorb方案可防止接地线路的电压尖峰，同时在任一个电源不能在尖峰期间提供额外吸电流或源电流的情况下保护器件。此方案确保每个电源都受到单独的保护，并且尖峰电流流向地。此方案采取与针对单电源系统相同的方式保护击穿路径免受各电源的影响。通过保护每个电源，两个电源之间的击穿路径也受到保护，因此所有三条可能的击穿路径都受到保护。常用电源电压的适用TransZorb值如表I所示。

开关电源/高噪声环境

除上电以外，电源产生尖峰的另一种情况是使用开关电源的应用。虽然开关电源可进行调节，但调节可能不足以将尖峰降低至1 μs的持续时间。如果这些尖峰具有足够的幅度和能量，它们也会对器件造成损害。环境本身噪声较高及在电源轨和接地轨上产生尖峰的应用也可能会出现问题。例如，器件在大电机条件下或在工业环境下工作等应用。图2、3和4中针对开启/关闭尖峰所推荐的方案，同样适用于防止高噪声环境下产生的开关电源尖峰或电源尖峰。

本应用笔记介绍的TransZorb方案可保护器件免受电源过压影响。但如果不遵守推荐的电源时序，则不能防止对器件造成的损害。请参考制造商数据手册中的绝对最大额定值部分，查看器件是否具有特定电源时序，或者数字输入是否无法在电源之前供电。