

Application Note

三象限双向可控硅
- 给初始产品生产厂带来利益

资料提供

<http://www.kkg.com.cn>

文献属PHILIPS公司，仅供参考

Application Note

三象限双向可控硅 - 给初始产品生产厂带来利益

Number of pages : 6

Date: 2002 Jan 11

© 2002 Koninklijke Philips Electronics N.V.

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner. The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

三象限双向可控硅 - 给初始产品生产厂带来利益

在日常生活中我们已习惯于使用各种电器和电动工具。我们期待这些电器能可靠运行，使我们的生活更方便，或者更舒适。至于是什么使得这些电器能可靠工作，并且使用方便呢，正是电器的电子功率控制装置。作为很多现代电器的核心，精选的控制器件是简单、可靠，但价格不高的双向可控硅。对于带有电动机或其它电感性、电容性负载的电器，采用三象限（3Q）双向可控硅给生产厂和最终用户都带来好处，因为能节约成本，并改善性能。本文的内容就是说明，三象限（3Q）双向可控硅为什么优于传统的四象限（4Q）双向可控硅。

触发象限说明

一个 3Q 双向可控硅（亦可称之为 Hi-Com 双向可控硅）能在三种方式下触发，而 4Q 双向可控硅则能在四种方式下触发。其原理及命名说明如下。

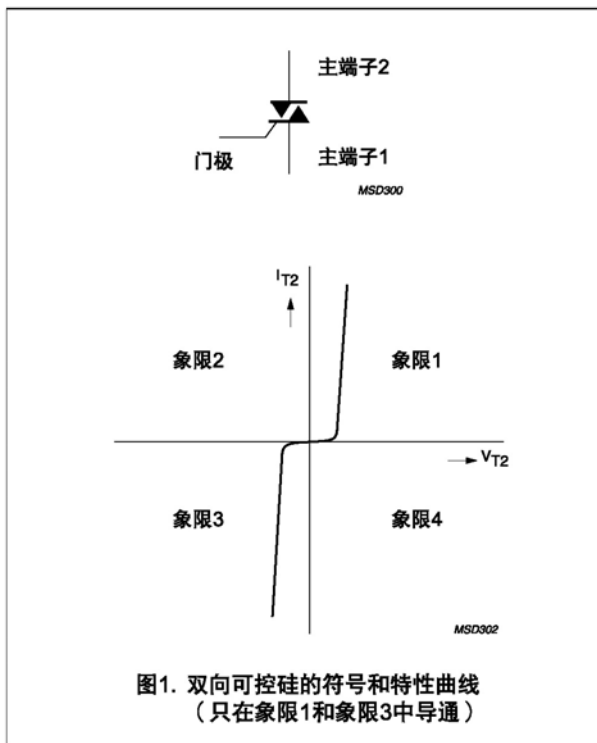


图1. 双向可控硅的符号和特性曲线 (只在象限1和象限3中导通)

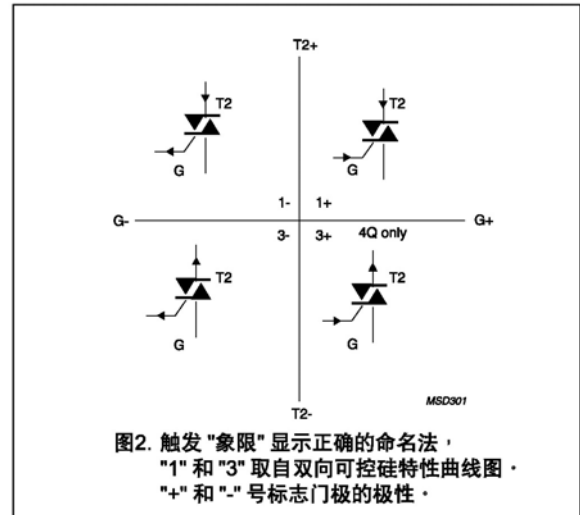


图2. 触发“象限”显示正确的命名法，“1”和“3”取自双向可控硅特性曲线图，“+”和“-”号标志门极的极性。

触发象限有时写作，例如，(T2-, G-), 有时用象限 1 至 4 表示。后面这种表示法容易和特性曲线的象限相混淆。表 1 中汇总了各种命名法。

表 1: 双向可控硅触发象限 — 通用命名法

普通写法	T2+, G+	T2+, G-	T2-, G-	T2-, G+
简化写法	1.	1-	3-	3.
通用写法	I	II	III	IV

为什么采用三象限双向可控硅？

为了防止假脉冲触发双向可控硅，造成失控导通，引起电机运行不稳定，噪声增大，4Q 双向可控硅的电路中总是包括外加的保护元件。典型电路中，RC 缓冲电路并联在双向可控硅的主端子之间，用来限止电压变化率 (dV/dt), 有些情况下还需要大容量的电感，以限制切换时的电流变化率 (dI_{com}/dt)。这些元件增加电路的成本和尺寸。

甚至，还可能降低长期可靠性。选择不佳的缓冲元件能导致破坏性的峰值电流和电流上升率。假如双向可控硅阻断高电压时被触发，或者缓冲电容通过双向可控硅放电过快，这时就可能发生前述问题。

缓冲电路由串联的电容和碳质电阻构成，两元件都按电源电压选用。元件的典型数值是 0.1 μF 及 ≥ 100 Ω。所用碳质电阻应能承受反复的浪涌电流而不烧毁。缓冲电路元件的选择是为了限制 dV_{com}/dt 或 dV_b/dt 在一定水平下，确保不触发双向可控硅。在这

三象限双向可控硅 - 给初始产品生产厂带来利益

条件下，选择最大的 R 值和最小的 C 值，可以把缓冲电容放电时导致破坏的可能性降到最低。

4Q 双向可控硅已应用多年，但老习惯不容易改，仍可以看到这类器件，包括它的保护元件，得到广泛应用。双向可控硅可以认为是一种成熟的技术。尽管如此，双向可控硅领域中不可能静止不变，新的发展仍在继续：

- 近期发展的 3Q “Hi-Com” 双向可控硅技术一般不需要保护元件。应用这技术的电器更可靠，更价廉，并且小巧。
- 高质量的表面压接式 3Q 双向可控硅组件已供应市场。规格众多，从 SOT223 和 SOT428 (DPAK 的飞利浦型号) 到 SOT404 (D²PAK 的飞利浦型号)。对于采用表面压接安装的大容量制造厂，3Q 双向可控硅可以帮助产品进一步小型化和降价。

应用实例

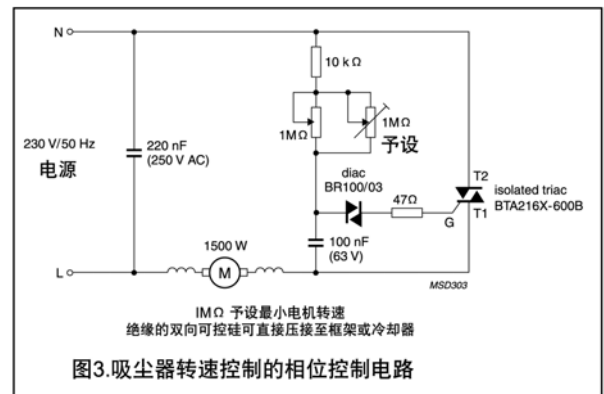
很多小型电器需要某种方式的电源控制，其中大部分采用双向可控硅，用来开关或调节负载功率。加热和烹调器件采用简单的开/关方式维持温度，使接近设定温度。与此相似，通过压缩机的开和关控制空调、冷却器和冰箱的冷却。

对更先进的调节，需要连续地或离散地变动功率。普通的例子是厨房电器：食品加工机，搅拌器，手提搅拌器等，它们要求电机转速可调，以满足不同作业的需求。缝纫机是另一个很好的例子。一台只能全速运转的缝纫机可能很少有用。在不同国家还有各种流行的电器，例如：

- 远东的可变速移动冷却风扇
- 日本和欧洲的筒式真空吸尘器带变转速电机（用于控制吸力，同时节能）
- 全欧流行的前装载洗衣机有变转速电机（适应往复滚动洗涤和快速摔干）
- 小型变转速厨房电器，流行全世界。

大型的“白色商品”如洗衣机和碗碟清洗机，具有先进的节能特征，采用多达 8 只双向可控硅，分别控制主机、水泵和阀门。双向可控硅提供价格最低，系统简单，无干扰的开关和功率控制。

这类电器中的大部分采用相位控制电路来改变电刷电机的功率。图 3 介绍一实例：电机转速控制器用于 1.5KW 真空吸尘器。这图显示，采用双向可控硅后，功率控制器多么简单。3Q 双向可控硅电路不必包括缓冲元件，即能可靠运行。



4Q 双向可控硅的内部过程

4Q 双向可控硅能在 3₊象限 (T2₋, G₊) 触发，这决定于该半导体的结构，因为在门极区有一微小重叠部分。工作在 3₊象限时，主端子负载电流由双向可控硅晶片的这一半通过几个导通的中间层流至晶片的另一半，距离较远。由于这远距离触发方式，3₊运行有几个缺点：

- 双向可控硅具有最小灵敏度 (I_{GT} 是四象限中最高的)，所以需要较大门极电流才能保证触发。
- 接通门极电流至双向可控硅导通间的时间滞后，在四象限中最长，因而门极电流维持接通时间应更长，才能保证触发。
- 允许的电流上升率在四象限中最低（最低的 di_T/dt ）。这表明，容易产生局部热点，并在控制负载具有较高涌入电流时导致双向可控硅在门极区烧毁。电容性负载和白炽灯的冷的灯丝就属于这类负载。

双向可控硅的内部结构使它能在 3₊象限触发，并且在 di_{COM}/dt 和 dV_{COM}/dt 较高时允许移动的电荷载荷子从双向可控硅的这一半进入另一半。这可能导致，负载电流越过零值时无法断开。

介绍三象限双向可控硅

3Q 双向可控硅具有和 4Q 双向可控硅不同的内部结构，它在门极没有临界的重叠结构。这使它不能在 3₊象限工作，但由于排除了 3₊象限的触发，同时避开了 4Q 双向可控硅的缺点。由于大部分电路工作在 1₋和 3₋象限（用于相位控制），或者工作在 1₋和 3₋象限（用于简单的极性触发，信号来自 IC 电路和其它电子驱动电路），因而和所取得的优点比较，损失 3₊象限的工作能力是微不足道的代价。

三象限双向可控硅 - 给初始产品生产厂带来利益

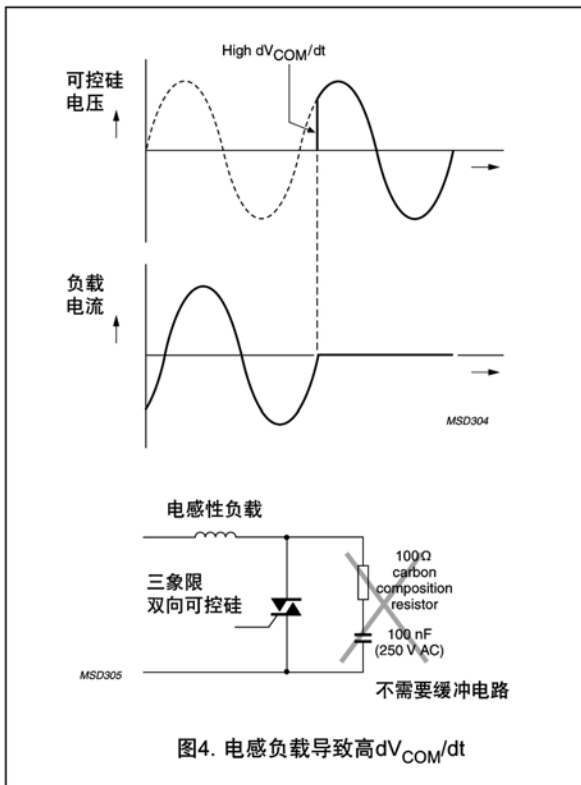
3Q 双向可控硅为初始产品制造厂带来的好处

1. 高 dV_{COM}/dt 值性能, 不需缓冲电路

电源半周结束时, 负载电流将通过零点。此时双向可控硅将断开, 回复到截止状态, 直至下一个门极脉冲的触发。电流过零时的断开称为“换向”。

控制电感性负载时 (如电机, 变压器或线圈), 电压和电流波形间有一相位差。负载电流迟后于电源电压。因此, 电流过零时, 双向可控硅可能突然要承受较高的反向电压。当双向可控硅回复至截止状态, 电路间存在杂散电容的情况下, 由此引起的切换电压上升率, 对许多 50/60Hz 电器, 限制在 $20V/\mu s$ (典型数据)。这一 dV_{COM}/dt 值足以防止 4Q 双向可控硅在下一半周的开始自发导通, 即在门极触发信号情况下的切换。

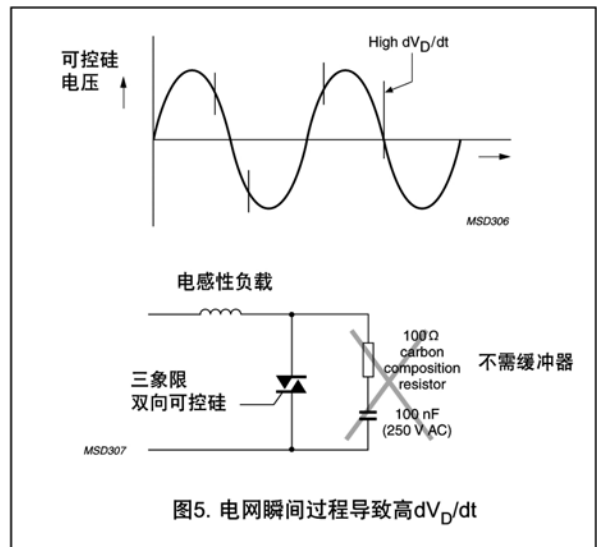
按惯例, 为防止 dV_{COM}/dt 引起假触发, 在主端子间并联缓冲元件。采用 3Q 双向可控硅后, 大部分情况下可免去缓冲电路。



2. 高 dV_D/dt 值性能, 不需缓冲电路

在电路经受电网的瞬间过程和电涌时, 例如电感性重负载接入同一电路并在开关间切换, 或在雷击时, 双向可控硅可能经受很高的断路电压上升率 (dV_D/dt)。耦合双向可控硅内部级的电容, 可以产

生足够大的内部门极电流, 并导致 4Q 双向可控硅自发触发。按惯例, 在主端子间并联一个缓冲电路, 把 dV_D/dt 限制在一定水平, 保证不发生自发触发。换个办法, 只要选用 3Q 双向可控硅, 大部分情况下可以不用缓冲电路。在双向可控硅中除去前面提到过的临界重叠部分, 使飞利浦的 Hi-Com 双向可控硅具有最小的 dV_D/dt 值 $1000V/\mu s$, 而典型值为 $4000V/\mu s$ 。



3. 高 dI_{COM}/dt 值性能, 不必串联电感

很多设备中双向可控硅用来控制由桥式整流器供电的直流电机或其它电感性负载。例子是整流电源驱动的碳刷电机或通用电机, 还有虽小但有力的常用于小型厨房用具中的永磁电机, 可在手提酒吧混合器中看到。这些整流驱动的电机给双向可控硅施加恶劣的工作条件。

电网每过半周, 当供电电压下降趋近零时, 将达到一个工况点, 此时电机产生的反电势等于电源电压。随后电源电压继续下降, 取自电网的负载电流将突然停止, 而电机电流环绕桥式整流器“空转”。

仅在电源电压超过电机反电势的条件下, 才有电流取自电源通过双向可控硅。当电源电压降到电机产生的电压之下, 双向可控硅接近切换时经受电流急剧下降。这个高 dI_{COM}/dt 值足以阻止四象限双向可控硅关断, 即使 dV_{COM}/dt 只有 $0.11V/\mu s$ (这是最大上升率, 电源 240V, 50Hz, 正弦波)。

常用解决方法是用一系列电感值为几 mH 的电感限止电流变化率。另一方法是应用三象限双向可控硅, 它能在高 dI_{COM}/dt 值下成功切换, 并不需要接入电感。

在一个电器的实验室试验中, 标准的四象限双向可控硅用相当的三象限 Hi-Com 双向可控硅取代, 结

三象限双向可控硅 - 给初始产品生产厂带来利益

果显示出很大差别。4Q 双向可控硅在 40°C 时失去切换能力，而 3Q 双向可控硅能正常工作直至安装基板温度达到 150°C，比推荐的最高结温高出 25°C。所有双向可控硅在那样的高温下都变得十分灵敏，更易于遭受假触发。这是一项严格和说明问题的试验。

