

6SE7041-8HK85-0AD0西门子代理商

产品名称	6SE7041-8HK85-0AD0西门子代理商
公司名称	湖南西控自动化设备有限公司
价格	.00/件
规格参数	西门子:全新原装正品 6SE70:24小时咨询询价在线 德国:西门子授权代理商
公司地址	中国（湖南）自由贸易试验区长沙片区开元东路1306号开阳智能制造产业园（一期）4#栋301
联系电话	17838383235 17838383235

产品详情

IGBT什么意思？一文详细解读IGBT工作原理，几分钟带你搞定IGBT

给大家分享的是：IGBT（绝缘栅双极型晶体管）

IGBT是变频器的核心部件，自然要分外关注。

在实际应用中流行和常见的电子元器件是双极结型晶体管 BJT 和 MOS管。

IGBT实物图+电路符号图

你可以把IGBT看作BJT和MOS管的融合体，IGBT具有BJT的输入特性和MOS管的输出特性。

与BJT或MOS管相比，绝缘栅双极型晶体管IGBT优势在于它提供了比标准双极型晶体管更大的功率增益，以及更高工作电压和更低MOS管输入损耗。

01

什么是IGBT

IGBT是绝缘栅双极晶体管的简称，是一种三端半导体开关器件，可用于多种电子设备中的高效快速开关。

IGBT主要用于放大器，用于通过脉冲宽度调制 (PWM) 切换/处理复杂的波形。

你可以看到输入侧代表具有栅极端子的MOS管，输出侧代表具有集电极和发射极的BJT。

集电极和发射极是导通端子，栅极是控制开关操作的控制端子。

IGBT的电路符号与等效电路图

02

IGBT内部结构

IGBT有三个端子（集电极、发射极和栅极）都附有金属层。然而，栅极端子上的金属材料具有二氧化硅层。

IGBT结构是一个四层半导体器件。四层器件是通过组合PNP和NPN晶体管来实现的，它们构成了PNPN排列。

IGBT的内部结构图

如上图所示，靠近集电极区的层是 (p+) 衬底，即注入区；在它上面是 N 漂移区域，包括 N 层。注入区将大部分载流子（空穴电流）从 (p+) 注入 N- 层。

漂移区的厚度决定了 IGBT 的电压阻断能力。

漂移区域的上面是主体区域，它由 (p) 基板组成，靠近发射极，在主体区域内部，有 (n+) 层。

注入区域和 N 漂移区域之间的连接点是 J2。类似地，N-区域和主体区域之间的结点是结点 J1。

注意：IGBT

的结构在拓扑上类似于“MOS”栅极的晶闸管。但是，晶闸管动作和功能是可抑制的，这意味着在 IGBT 的整个器件工作范围内只允许晶体管动作。IGBT 比晶闸管更可取，因为晶闸管等待过零的快速切换。

03

IGBT工作原理

IGBT 的工作原理是通过激活或停用其栅极端子来开启或关闭。

如果正输入电压通过栅极，发射极保持驱动电路开启。另一方面，如果 IGBT 的栅极端电压为零或略为负，则会关闭电路应用。

由于 IGBT 既可用作 BJT 又可用作 MOS 管，因此它实现的放大量是其输出信号和控制输入信号之间的比率。

对于传统的 BJT，增益量与输出电流与输入电流的比率大致相同，我们将其称为 Beta 并表示为 β 。

另一方面，对于 MOS 管，没有输入电流，因为栅极端子是主通道承载电流的隔离。我们通过将输出电流变化除以输入电压变化来确定 IGBT 的增益。

IGBT 结构图

如图所示，当集电极相对于发射极处于正电位时，N 沟道 IGBT 导通，而栅极相对于发射极也处于足够的正电位 ($>V_{GET}$)。这种情况导致在栅极正下方形成反型层，从而形成沟道，并且电流开始从集电极流向发射极。

IGBT 中的集电极电流 I_c 由两个分量 I_e 和 I_h 组成。 I_e 是由于注入的电子通过注入层、漂移层和终形成的沟道从集电极流向发射极的电流。 I_h 是通过 Q_1 和体电阻 R_b 从集电极流向发射极的空穴电流。因此尽管 I_h 几乎可以忽略不计，因此 $I_c \approx I_e$ 。

在 IGBT 中观察到一种特殊现象，称为 IGBT 的闩锁。这发生在集电极电流超过某个阈值 (I_{CE})。在这种情况下，寄生晶闸管被锁定，栅极端子失去对集电极电流的控制，即使栅极电位降低到 V_{GET} 以下，IGBT 也无法关闭。

现在要关断 IGBT，我们需要典型的换流电路，例如晶闸管强制换流的情况。如果不尽快关闭设备，可能会损坏设备。

集电极电流公式

下图很好地解释 IGBT 的工作原理，描述了 IGBT 的整个器件工作范围。

IGBT 的工作原理图

IGBT 仅在栅极端子上有电压供应时工作，它是栅极电压，即 V_G 。如上图所示，一旦存在栅极电压 (V_G)，栅极电流 (I_G) 就会增加，然后它会增加栅极-发射极电压 (V_{GE})。

因此，栅极-发射极电压增加了集电极电流 (I_C)。因此，集电极电流 (I_C) 降低了集电极到发射极电压 (V_{CE})。

注意：IGBT 具有类似于二极管的电压降，通常为 2V 量级，仅随着电流的对数增加。

IGBT 使用续流二极管传导反向电流，续流二极管放置在 IGBT 的集电极-发射极端子上。

04

IGBT 的等效电路

IGBT 的近似等效电路由 MOS 管和 PNP 晶体管(Q1)组成,考虑到 n-漂移区提供的电阻，电阻 R_d 已包含在电路中，如下图所示：

IGBT 的近似等效电路

仔细检查 IGBT 的基本结构，可以得出这个等效电路，基本结构如下图所示。

等效电路图的基本结构

穿通 IGBT、PT-IGBT：穿通 IGBT、PT-IGBT 在发射极接触处具有 N+ 区。

观察上面显示 IGBT

的基本结构，可以看到从集电极到发射极存在另一条路径，这条路径是集电极、p+、n-、p(n通道)、n+ 和发射极。

因此，在 IGBT 结构中存在另一个晶体管 Q2 作为 n -

pn+，因此，我们需要在近似等效电路中加入这个晶体管 Q2 以获得 jingque 的等效电路。

IGBT 的 jingque 等效电路如下所示：

IGBT 的 jingque 等效电路图

该电路中的 R_{by} 是 p 区对空穴电流的流动提供的电阻。

众所周知，IGBT 是 MOS 管的输入和 BJT 的输出的组合，它具有与 N 沟道 MOS 管和达林顿配置的 PNP BJT 等效的结构，因此也可以加入漂移区的电阻。

05

IGBT 的特性--静态 VI 特性

下图显示了 n 沟道 IGBT 的静态 VI 特性以及标有参数的电路图，该图与 BJT 的图相似，只是图中保持恒定的参数是 V_{GE} ，因为 IGBT 是电压控制器件，而 BJT 是电流控制器件。

IGBT 的静态特性图

当 IGBT 处于关闭模式时 (V_{CE} 为正且 $V_{GE} < V_{GET}$)，反向电压被 J2 阻断，当它被反向偏置时，即 V_{CE} 为负，J1 阻断电压。

06

IGBT 的特性--开关特性

IGBT 是电压控制器件，因此它只需要一个很小的电压到栅极即可保持导通状态。

由于是单向器件，IGBT 只能在从集电极到发射极的正向切换电流。IGBT 的典型开关电路如下所示，栅极电压 V_G 施加到栅极引脚以从电源电压 V_+ 切换电机 (M)。电阻 R_s 大致用于限制通过电机的电流。

IGBT的典型开关电路图

下图显示了IGBT 的典型开关特性。

IGBT 的典型开关特性

01

01导通时间 (t_{on})

通常由延迟时间 (t_{dn}) 和上升时间 (t_r) 两部分组成。

02延迟时间 (t_{dn})

定义为集电极电流从漏电流 I_{CE} 上升到 $0.1 I_C$ (终集电极电流) 和集电极发射极电压从 V_{CE} 下降到 $0.9V_{CE}$ 的时间。

03上升时间 (t_r)

定义为集电极电流从 $0.1 I_C$ 上升到 I_C 以及集电极-发射极电压从 $0.9V_{CE}$ 下降到 $0.1 V_{CE}$ 的时间。

04关断时间 (t_{off})

由三个部分组成，延迟时间 (t_{df})、初始下降时间 (t_{f1}) 和终下降时间 (t_{f2})。

05延迟时间 (t_{df})

定义为集电极电流从 I_C 下降到 $0.9 I_C$ 并且 V_{CE} 开始上升的时间。

06初始下降时间 (t_{f1})

集电极电流从 $0.9 I_C$ 下降到 $0.2 I_C$ 并且集电极发射极电压上升到 $0.1 V_{CE}$ 的时间。

07终下降时间 (t_{f2})

定义为集电极电流从 $0.2 I_C$ 下降到 $0.1 I_C$ 并且 $0.1V_{CE}$ 上升到终值 V_{CE} 的时间。

关断时间公式

导通时间公式

07

IGBT 的特性--输入特性

下图可以理解IGBT的输入特性。开始，当没有电压施加到栅极引脚时，IGBT 处于关闭状态，没有电流流过集电极引脚。

当施加到栅极引脚的电压超过阈值电压时，IGBT 开始导通，集电极电流 I_G 开始在集电极和发射极端子之间流动。集电极电流相对于栅极电压增加，如下图所示。

IGBT的输入特性图

08

IGBT 的特性--输出特性

由于 IGBT 的工作依赖于电压，因此只需要在栅极端子上提供极少量的电压即可保持导通。

IGBT 与双极功率晶体管相反，双极功率晶体管需要在基极区域有连续的基极电流流动以保持饱和。

IGBT 是单向器件，这意味着它只能在“正向”（从集电极到发射极）开关。

IGBT 与具有双向电流切换过程的 MOS 管正好相反。MOS管正向可控，反向电压不受控制。

在动态条件下，当 IGBT 关闭时，可能会经历闩锁电流，当连续导通状态驱动电流似乎超过临界值时，这就是闩锁电流。

此外，当栅极-发射极电压低于阈值电压时，会有少量漏电流流过 IGBT，此时，集电极-发射极电压几乎等于电源电压，因此，四层器件 IGBT 工作在截止区。

IGBT 的输出特性图

IGBT 的输出特性分为三个阶段：

阶段：当栅极电压 V_{GE} 为零时，IGBT 处于关断状态，这称为截止区。

第二阶段：当 V_{GE} 增加时，如果它小于阈值电压，那么会有很小的漏电流流过 IGBT，但 IGBT 仍然处于截止区。

第三阶段：当 V_{GE} 增加到超过阈值电压时，IGBT 进入有源区，电流开始流过 IGBT。如上图所示，电流将随着电压 V_{GE} 的增加而增加。

09

IGBT 的优缺点

IGBT 作为一个整体兼有 BJT 和 MOS 管的优点。

1、优点

具有更高的电压和电流处理能力。

具有非常高的输入阻抗。

可以使用非常低的电压切换非常高的电流。

电压控制装置，即它没有输入电流和低输入损耗。

栅极驱动电路简单且便宜，降低了栅极驱动的要求

通过施加正电压可以很容易地打开它，通过施加零电压或负电压可以很容易地关闭它。

具有非常低的导通电阻。

具有高电流密度，使其能够具有更小的芯片尺寸。

具有比 BJT 和 MOS 管更高的功率增益。

具有比 BJT 更高的开关速度。

可以使用低控制电压切换高电流电平。

由于双极性质，增强了传导性。

更安全

2、缺点

开关速度低于 MOS管。

单向的，在没有附加电路的情况下无法处理AC波形。

不能阻挡更高的反向电压。

比 BJT 和 MOS管 更昂贵。

类似于晶闸管的 PNPN 结构，它存在锁存问题。

与 PMOS 管 相比，关断时间长。

类似于晶闸管的 PNPN 结构，它存在锁存问题。

与 PMOS 管 相比，关断时间长。

以上就是关于 IGBT (绝缘栅双极型晶体管)内部结构、工作原理、特性、优缺点等的内容，还有补充的可以在评论区交流哦！