

ARK 专业设计耗尽型 MOSFET 系列产品

近年来，耗尽型 MOSFET (Depletion-Mode MOSFET) 日益受到重视，广泛应用于固态继电器、“常开”开关、恒流源、恒压源和开关电源等设备中，用户涵盖了智能家居、家用电器、消费电子、工业控制、汽车电子、电信设施和航空航天等领域。

耗尽型 MOSFET 分为两种类型：N 沟道耗尽型 MOSFET，即：导电沟道为 N 型，参与导电的是电子，以及 P 沟道耗尽型 MOSFET，即：导电沟道为 P 型，参与导电的是空穴。由于电子的迁移率远高于空穴，N 沟道耗尽型 MOSFET 具有更强的电流处理能力，得到了更广泛地运用。近年随着第三代半导体的发展，开始出现少数 1300V 以上耐压的 SiC 基的耗尽型 MOSFET，但成熟的产品还是 Si 基耗尽型 MOSFET。下面就 N 沟道 Si 基耗尽型 MOSFET 为例，简要说明其原理和应用。

当栅极-源极电压 $V_{GS}=0V$ 时，其导电沟道即已存在，器件处于开通状态。当栅极-源极电压 $|V_{GS}<V_{GS(OFF)}|$ 时 (N 沟道) 或 $|V_{GS}>V_{GS(OFF)}|$ (P 沟道)，其导电沟道因沟道中的载流子耗尽而消失，器件处于关断状态。由于在零栅偏时，器件处于导通状态，因此耗尽型器件又称为“常开” (Normally On) 器件。图 1 为 N 沟道耗尽型 MOSFET 的示意图。

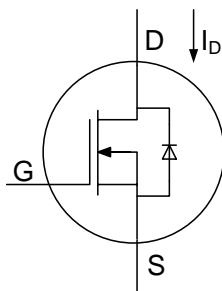


图 1. N 沟道耗尽型 MOSFET

由于耗尽型 MOSFET 具有上述特殊的亚阈值特性，利用该特性，我们可以很方便地建立一个简单的电压调节器，具有高电压调节范围和稳定的电压输出。也

可以组成一个稳定的恒流源。同时，这种电压源或电流源具有极佳的抗干扰能力，能有效地抑制瞬态电压或浪涌电流。

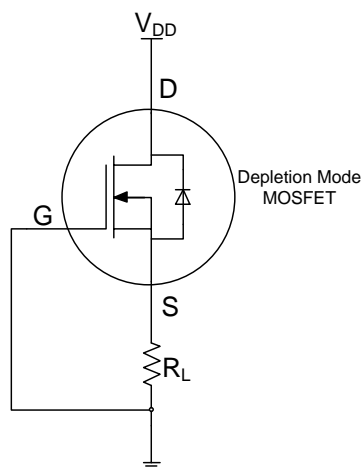


图 2. N 沟道耗尽型 MOSFET 组成的高电压调节器

如图 2 所示，当 V_{DD} 增加时，流过电路的电流 I_{DS} 增加，导致耗尽型 MOSFET 源极电位 V_S 升高，即 V_{GS} 绝对值 $|V_{GS}|$ 增加，并引起器件导电沟道变窄，电流增加减缓。在此过程中负载 R_L 两端的电压 V_S 无限接近器件的关断电压 $|V_{GS(OFF)}|$ ， $V_S \approx |V_{GS(OFF)}|$ ，即 V_S 钳位在 $|V_{GS(OFF)}|$ 处，不再随输入电压 V_{DD} 的增加而变化。负载 R_L 流过的电流 I_L ($I_L = V_S / R_L$) 也不随输入电压 V_{DD} 的增加而变化。

$$V_{DD} \text{ 的最大值 } V_{DD,MAX} = BV_{DSX} + |V_{GS(OFF)}|$$

其中， BV_{DSX} 为耗尽型 MOSFET 漏源极之间的击穿电压。

由此可以看出利用耗尽型 MOSFET 可以组成一个简单稳定的高电压输入的电压调节器或电流源，同时具有极佳的瞬态抑制能力。

进一步利用运算放大器或电压基准源，可以很容易实现指定的输出电压。

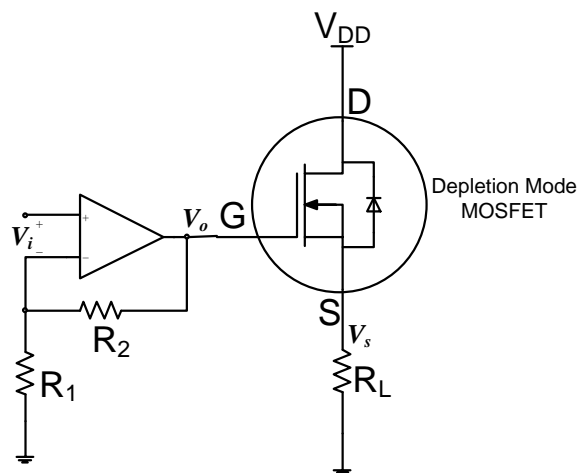


图 3. 耗尽型 MOSFET 与运算放大器配合使用

如图 3 所示， V_o 与 V_i 具有如下关系：

$$V_o = V_i \times (1 + R_2/R_1)$$

因此，通过配置 R_2 和 R_1 的组合，可以轻松确定负载的工作电压 V_s ：

$$V_s = V_o + | V_{GS(OFF)} |$$

其中， $V_{GS(OFF)}$ 为耗尽型 MOSFET 的关断电压。

在零栅偏时，器件处于导通状态，当栅极-源极电压 $| V_{GS} < V_{GS(OFF)} |$ 时器件处于关断状态，这一特性不仅耗尽型 MOSFET 具备，耗尽型 JFET 器件同样具备，两种器件比较如下：Si 基 JFET 器件耐压一般在 10V~40V，更高耐压的 JFET 器件只能用 Sic 基实现（目前不普及），限制了绝大多数 Normally On 的应用，而 Si 基耗尽型 MOSFET 可以做到从 10V~1700V 任意电压的耐压参数。对于常用的 220V 市电和 380V 工业用电，在 Normally On 应用中，耐压为 600V 和 1000V 的这两个系列产品需求广泛，JFET 器件无法满足，耗尽型 MOSFET 是唯一的选择。耗尽型 MOSFET 与 JFET 比较优势还在于：由于 JFET 允许栅极泄漏电流为比 MOSFET 的栅极泄漏电流高出 3 个数量级，MOSFET 极低的漏电流，大大降低了静态功耗，也就极大地降低整机功耗。其次，JFET 的输入阻抗远低于 MOSFET 输入阻抗，因为 MOSFET 金属氧化物绝缘体，使得其在栅极端的电阻更高。对于电压驱动的 FET 器

件，输入阻抗越大，对电压源的负载就越轻，因而就越容易驱动，也不会对信号源有影响，MOSFET 比 JFET 更具备易于驱动、对栅极影响极小的优势。MOSFET 的缺点在于：由于其本身的输入阻抗高，对 ESD 静电敏感，而栅-源极间电容又很小，所以极易受外界电磁场或静电的感应而带电，又因在静电较强的场合难于泄放电荷，容易引起静电击穿。所以，克服耗尽型 MOSFET 缺点，带防静电功能的 ESD 保护功能在耗尽型 MOSFET 的设计和生产中尤为重要，是器件能否正常使用的关键指标。

耗尽型 MOSFET 具备与 JFET 相同的电性特点，但各方面性能更优，是未来电路升级换代的首选器件。目前主要制造商有：Infineon、Microchip、IXYS、Onsemi。国内制造商：ARK（方舟微），方舟微专注设计制造耗尽型 MOSFET 系列产品，耐压从 60V~1000V，系列产品均带 ESD 保护功能，弥补了国外同类产品极少带 ESD 保护的不足，性能更加稳定可靠，避免对整个电路造成损坏。

关于更多耗尽型 MOSFET 相关信息，请登录网站：

<http://www.ark-micro.com/>