

耗尽型 MOS 管在街灯控制中的应用

通过采用耗尽型 MOS 管，可以极大地拓展线性稳压器输入电压范围。该拓展电路能够广泛地应用于各类 CMOS 芯片，小型模拟电路和其他小电流的负载。采用耗尽型 MOS 管的线性稳压器可用于一些直接接入市电的情况，也可用于一些输入电压变化较大或有电压尖峰的情况。

本应用文档主要针对街灯自动控制的应用情况，介绍一种耗尽型 MOS 管的应用方式，如图 1 所示。街灯自动控制电路需要一个稳定的 5V 电压对放大器供电。采用耗尽型 MOS 管 DMZ6005E 和三端稳压器 RH5RA50AA 的设计，可以直接接入从 110V/220V 的市电整流的 155V/310V 左右的直流电压，并且可以抑制各种感性负载和辐射等所造成的高瞬态电压；该电路还可以获得极低的静态电流（待机电流）以最小化线性稳压器的功率损耗。此外，采用耗尽型 MOS 管 DMZ6005E 的电路布局非常简单、紧凑，而且成本低廉。

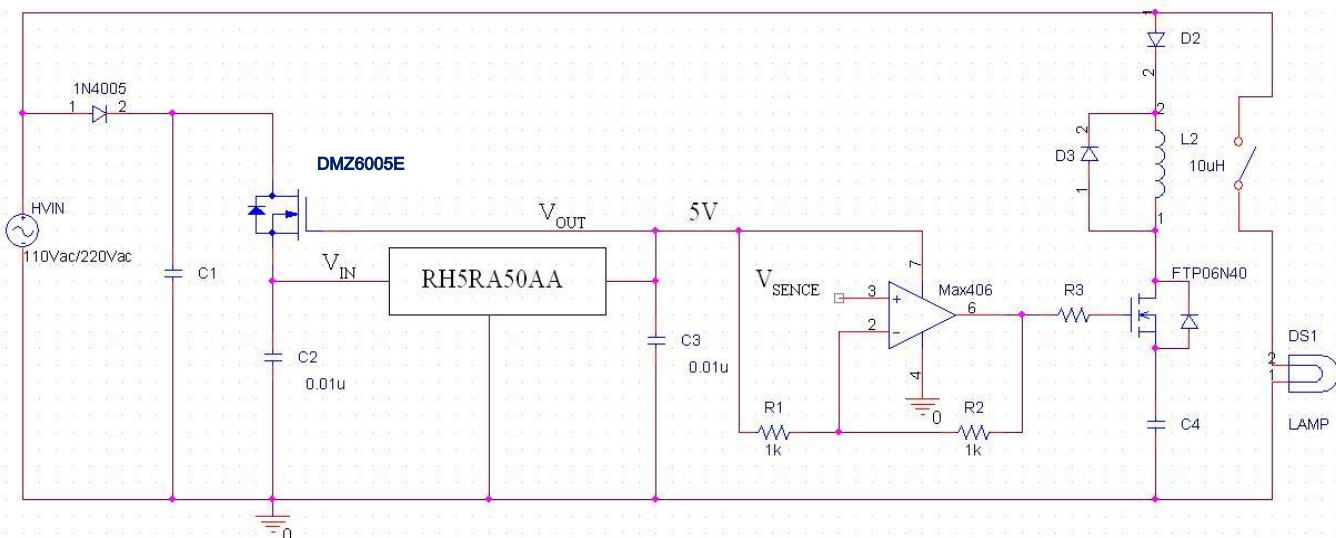


图 1. 耗尽型 MOS 管 DMZ6005E 应用于街灯控制

电路分析

如图 1 所示，市电经二极管整流，C1 滤波之后，通过 ARK 公司的耗尽型 MOS 管 DMZ6005E 和三端线性稳压器 RH5RA50AA 输出稳定的 5V 电压。由集成运放 Max406 来控制 MOS 管 FTP06N40 的开关。集成运放 Max406 最大输出电压为 2.45V。当环境光线较暗时， V_{SENSE} 电位将高于 3.75V，集成运放 Max406 输出 2.45V 的高电位使 FTP06N40 开启，电流通过继电器电感吸合街灯通路

的开关使街灯点亮。

耗尽型 MOS 管 DMZ6005E 采用源跟随器的连接方式，其栅极接三端稳压器的输出端 V_{OUT} ，其源极接三端稳压器的输入端 V_{IN} 。在接入市电之前，DMZ6005E 三端电压皆为 0V，一旦接入市电，由于 DMZ6005E 沟道为自然开启，电流将通过 DMZ6005E 为电容 C_2 充电，提高 V_{IN} 电位， V_{OUT} 的电位随之提高直到为稳定输出 5V。

V_{IN} 的值可以由公式（3）来确定。

$$I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{GS(OFF)}} \right)^2 \tag{1}$$

$$V_{GS} = V_{OUT} - V_{IN} \tag{2}$$

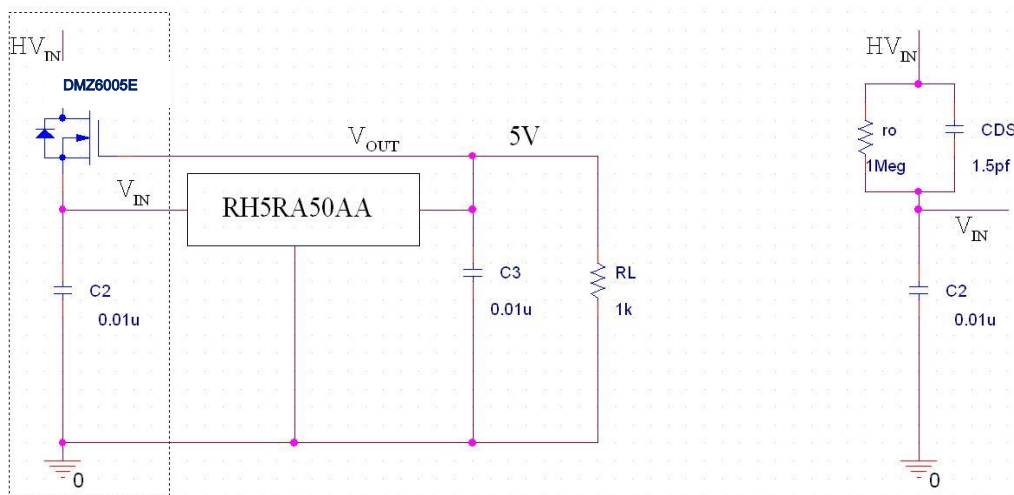
$$V_{IN} = V_{OUT} - V_{GS(OFF)} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} \right) \tag{3}$$

由于采用源跟随器的连接，DMZ6005E 的源极电压为 $V_{IN} = V_{OUT} - V_{GS}$ ，其中 V_{GS} 的电压随稳压器输入电流 I_{IN} 的变化而调整。接入市电后， V_{OUT} 保持为 5V 电位，如果稳压器的输入电流 I_{IN} 提高， V_{IN} 将会下降使 V_{GS} 上升以满足稳压器的电流要求。

输入电压范围拓展

由于 RH5RA50AA 的输入电压最大值为 13.5V，而 DMZ6005E 可承受高达 600V 的击穿电压，则通过 DMZ6005E 的使用可使输入电压范围为 13.5V~600V。

高的瞬态电压保护



(a) 瞬态电压测试电路

(b) 等效电路

图 2. 瞬态电压测试电路及等效电路

当正或者负的瞬态电压作用于 HV_{IN} 时，图 1 所示电路仍能够获得较好的保护：负的瞬态电压将被二极管 1N4005 所承受，而正的瞬态电压由于 DMZ6005E 的保护对电路也不能够产生影响，三端稳压器输出 5V 电位仍然十分稳定。

DMZ6005E 具有很高的动态电阻 r_o ，高达 $1M\Omega$ ；而且具有极低的漏-源电容 C_{DS} ，约为 $1.5pF$ 。DMZ6005E 采用源极跟随器的连接方式可以很好阻止由 HV_{IN} 传入的高压瞬态作用于 V_{IN} 。图 2(a) 内虚线框内等效电路图如图 2 (b) 所示。如果 300V 正的瞬态电压脉冲作用于 HV_{IN} ，其上升时间为 10ns，瞬态电压将由 $1M\Omega$ 的 r_o 和 $1.5pF$ 的 C_{DS} 作用于 V_{IN} 。

由于 r_o 为 $1M\Omega$ ，300V 脉冲电压在此通路上的电流不超过 0.3mA，其作用可以忽略。对于 C_{DS} 通路，有：

$$I_D = C_{DS} \frac{dv}{dt} = 1.5pF \cdot \frac{300V}{10ns} = 45mA \quad (4)$$

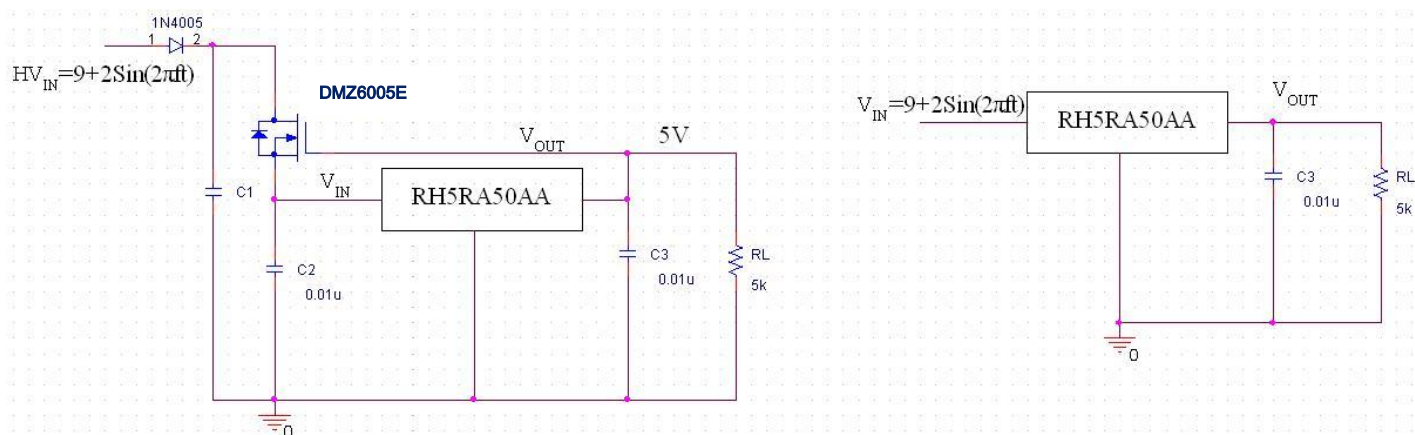
$$\Delta V_{IN} = \frac{I \cdot dt}{C_2} = \frac{45mA \cdot 10ns}{0.01\mu F} = 45mV \quad (5)$$

即 10ns 上升时间的 300V 瞬态电压造成的 V_{IN} 变化将约为 45mV 左右，影响极小。

高纹波抑制比

纹波抑制比（Ripple Rejection Ratio）用于表示输出信号受到了供电电源的影响。其定义为：

$$RR = 20 \log \left| \frac{Ripple(in)}{Ripple(out)} \right| \quad (6)$$



(a) 有耗尽型 MOS 管保护

(b) 无耗尽型 MOS 管保护

图 3. 纹波抑制比测试电路

如图 3 所示，输入直流电压为 9V，如果有幅值为 2V 频率为 1MHz 的正弦直流电压纹波作用于输入端 HV_{IN} 时，其纹波的峰峰值为 4V。经测试，负载为 5K Ω 电阻的情况下的纹波抑制比为 70dB。而不采用耗尽型 MOS 管 DMZ6005E 时，采用同样的电压输入时，其纹波抑制比约为 2.8dB，远小于采用耗尽型 MOS 管时的情况。

启动瞬态抑制

当电路输入电压加入 10V 直流电压，将在 100ns 内从 0V 上升到 10V。如果没有耗尽型管 DMZ6005E 进行保护，如图 4（b），启动过程中产生的瞬态电压尖峰可达 7.6V，可能会损坏灵敏负载，比如 CMOS 电路。而采用 DMZ6005E 的保护，如图 4（a），其输出电压将不会产生电压尖峰。

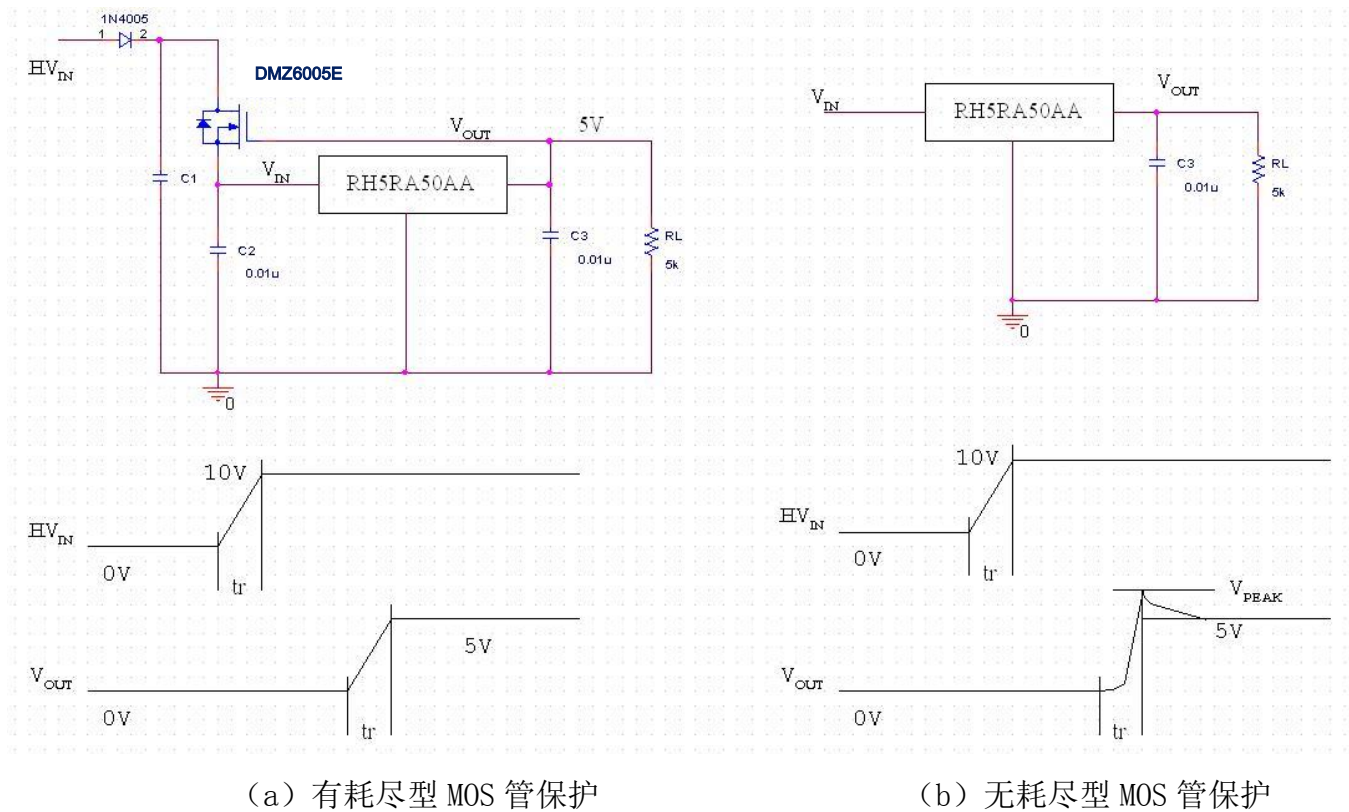


图 4. 启动瞬态测试电路及测试波形

综上所述，采用耗尽型 MOS 管在街灯控制中具有如下优点：

- (1) 大大拓展输入电压范围：13.5V~600V；
- (2) 高的瞬态电压保护能力；

- (3) 极大的提高纹波抑制率；
- (4) 开启瞬态抑制能力。

关于耗尽型 MOS 管的更多应用，请参阅成都方舟微电子有限公司 (ARK Microelectronics Co., Ltd.) 的产品应用手册。