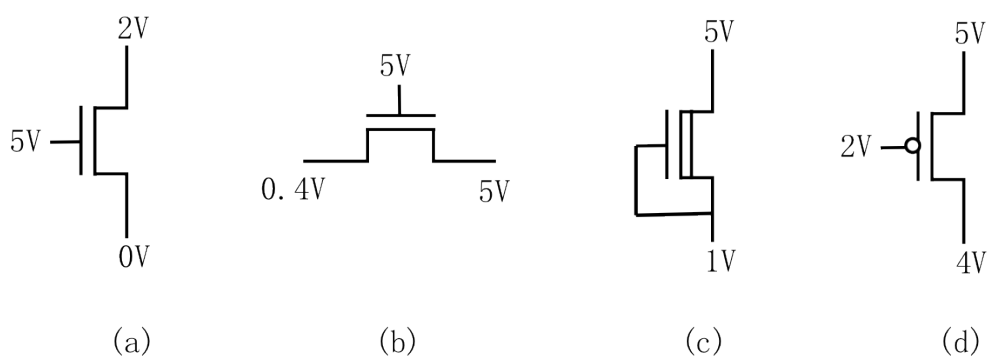


## CS04012 微电子电路 A

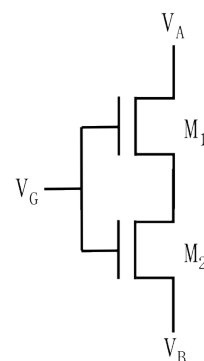
### 第二章 作业

1. 以 N 型半导体为例，它的多数载流子是自由电子，即自由电子浓度  $n >$  空穴浓度  $p$ ，那么它是否保持电中性？为什么？
2. 已知半导体同时掺杂施主杂质（浓度为  $N_D$ ，表示每  $\text{cm}^3$  施主原子个数）和受主杂质（浓度为  $N_A$ ，表示每  $\text{cm}^3$  受主原子个数）。为了得到  $n$ 、 $p$ ，请回答以下问题。
  - (1) 请问在此半导体中，以下哪些是带正电的？（可多选）  
A. 电离施主 B. 电离受主 C. 自由电子 D. 空穴
  - (2) 请问在此半导体中，以下哪些是带负电的？（可多选）  
A. 电离施主 B. 电离受主 C. 自由电子 D. 空穴
  - (3) 已知  $q$  表示一个粒子电量（如空穴看作带  $+q$  的粒子，电子看作带  $-q$  的粒子），结合（1）、（2），写出此半导体呈电中性的表达式。
  - (4) 已知  $np = n_i^2$ ， $n_i$  为已知的本征硅中自由电子浓度。结合（3），解方程组得到  $n$  的表达式。
3. 下图的 MOS 晶体管各是什么类型，标明每个 MOS 晶体管的栅、源、漏极，分析它们的工作状态，设所有晶体管的阈值电压的绝对值都是  $1\text{V}$ 。



4. 如图所示， $M_1$  和  $M_2$  两管串联，且  $V_B < V_G - V_T < V_A$ ，请问：

- (1) 若都是 NMOS，它们各工作在什么状态？
- (2) 若都是 PMOS，它们各工作在什么状态？
- (3) 证明两管串联的等效导电因子是  $K_{eff} = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}$ 。



5. 标准  $0.13\mu\text{m}$  CMOS 工艺，PMOS 管  $W/L = 0.4\mu\text{m}/0.2\mu\text{m}$ ， $t_{ox} = 2.6\text{nm}$ ，空穴迁移率  $\mu_p = 80\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ，阈值电压  $V_T = -0.3\text{V}$ ，利用手算，对于  $V_{GS} = -1.2\text{V}$ ， $-0.8\text{V}$ ， $0\text{V}$ ，分别画出  $I_{DS}$  和  $V_{DS}$  的关系曲线。