

# AI3610 类脑智能 忆阻器作业

薛翔元 (521030910387)

## 1

1. 由  $q-\varphi$  关系曲线可知, 忆阻器的忆阻值

$$M = \begin{cases} 2\Omega, & q < 1C \\ \frac{1}{2}\Omega, & q > 1C \end{cases}$$

因此忆阻值突变前

$$i_2 = \frac{u}{M_2} = \frac{3}{2}A$$

忆阻值突变后

$$i_1 = \frac{u}{M_1} = 6A$$

发生突变的时刻为

$$t^* = \frac{q^*}{i_2} = \frac{2}{3}s$$

可知达到状态  $Q_1(3, 3)$  需要的时间为

$$t_1 = t^* + \frac{q_1 - q^*}{i_1} = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 1s$$

达到状态  $Q_2(1, \frac{1}{2})$  需要的时间为

$$t_2 = \frac{q_2}{i_2} = \frac{1}{3}s$$

2. 根据前问, 立即可知

$$R_1 = M_1 = \frac{1}{2}\Omega$$

$$R_2 = M_2 = 2\Omega$$

## 2

1. 晶体管是双向导通器件, 可以作为单元选择开关, 有效抑制泄漏电流, 提供较大编程电流, 加快编程速度。
2. 左图使用 1T1R 结构, 布线相对简单, 容易在更小的面积中实现, 但无法直接表示神经网络中的负权重; 右图使用 2T2R 结构, 布线更为复杂, 实现相对困难, 但内部的差分对天然可以执行减法操作, 能够表示神经网络中的负权重, 有利于进一步降低功耗。

## 3

1. 忆阻器可以模拟存储神经网络的连接权重, 在忆阻器阵列一侧输入电压, 可以在另一侧得到电流, 从而模拟矩阵的乘法运算, 实现神经网络的推理; 通过对忆阻器施加合适的电压, 可以微调其忆阻值, 从而模拟神连接权重的更新, 实现神经网络的训练。
2. 与传统冯诺依曼架构相比, 忆阻器阵列能够实现高度并行的计算, 并且具有极低的运算功耗, 但其训练难度较高, 处理复杂计算任务不够灵活, 仅适用于神经网络的专用计算。

## 4

1. 增量学习是指神经网络在已有知识的基础上，通过少量新样本数据快速学会新知识，且不会遗忘已有知识；由于忆阻器具有存算一体的特性，增量学习所需的功耗极低，并且可以有效简化复杂的处理流程，通过与感受器相结合还可以在物理世界中实现仿生的学习过程。
2. 以忆阻器阵列的混合训练方法为例，首先采用片外算力快速训练基础权重，然后利用片上训练进行微调，可以构建误差耐受性更好的网络模型，从而有效提升模型在实际应用中的精度。