

Spec. for Project I

Project Nonlinear Circuit Analysis

请设计一个程序，根据输入的非线性电路 SPICE 网表(不包含电感电容)对非线性电路进行分析。即求解方程：

$$f(x) = 0$$

Spec.

1) 输入

输入的非线性电路为 SPICE 格式网表文件。(请参阅 SPICE 手册)

(1-1) 处理以下元件：

PMOS 管，NMOS 管，电阻，电流源，电压源 (MOS 管模型见附录)

(1-2) 用控制语句生成输出变量 Y

.PROBE V(node1) V(node2)

其中 node1, node2 等为要观察的节点名称。

2) 输出

输出观测节点的波形。

3) 提交结果

程序建议采用 MATLAB 完成，需提交以下内容：

(3-1) 源程序，应有必要的注释。

(3-2) 完整的文档，主要内容包括：主要设计思想，程序结构，编译的环境和方法，运行的环境和方法，输入输出格式，测试结果及分析以及其他需要特别说明的地方。

4) 测试用例

Benchmark 目录下提供两个测试例子，包括一个反相器和一个差动放大器。

5) 进一步的工作，不作为成绩参考。

(5-1) 可以考虑支持电容和电感，采用后向欧拉法作时间离散。

6) 说明

(6-1) 电路方程可以从网表手工建立，也可以采用伴随模型通过网表自动对电路进行分析。

(6-2) 如果采用手工建立方程求解电路，建议采用两个函数分别用于求 $f(x)$ 及 $f(x)$ 的 Jacobian 矩阵 $J(x)$ 。 $f(x)$ 和 $J(x)$ 可以根据电路不同，手工进行修改。 $f(x)$ 和 $J(x)$ 应考虑 MOS 管的工作状态（线性或饱和）。

(6-3) 如采用手工建立方程的方法，请给出两个测试例子的 $f(x)$ 和 $J(x)$ 的 Matlab 函数。

(6-4) 由于牛顿法只具有局部收敛性，在求解时请考虑牛顿法的收敛性。

关于 project 有任何问题，请 email 至：yangfan@fudan.edu.cn。

附：

采用的 MOS 管模型：

这里采用简化的 level 1 模型，对 NMOS 有：

$$I_D = \frac{1}{2} K \frac{W}{L} [2(V_{GS} - V_{TH})V_{DS} - V_{DS}^2] (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{线性区}$$

$$I_D = \frac{1}{2} K \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{饱和区}$$

对 PMOS 有：

$$I_D = \frac{1}{2} K \frac{W}{L} [2(|V_{GS} - V_{TH}|)V_{DS} - V_{DS}^2] (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{线性区}$$

$$I_D = \frac{1}{2} K \frac{W}{L} (|V_{GS} - V_{TH}|)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{饱和区}$$

其中 $K = \mu C_{ox}$ 。模型中的各参数含义如下：

I_D --漏电流； μ --迁移率； C_{ox} --栅电容； W, L --MOS 管宽，长； V_{GS}, V_{DS} --栅源电压，漏源电压；

V_{TH} --阈值电压； λ --沟道调制系数。

模型参数如下：

1. NMOS 管

$$\mu = 350 \text{ cm}^2 / V / s, \quad C_{ox} = 6.9 \text{ fF} / \mu\text{m}^2, \quad V_{TH} = 0.7 \text{ V}, \quad \lambda = 0.1 \text{ V}^{-1}$$

2. PMOS 管

$$\mu = 100 \text{ cm}^2 / V / s, \quad C_{ox} = 6.9 \text{ fF} / \mu\text{m}^2, \quad V_{TH} = -0.8 \text{ V}, \quad \lambda = 0.2 \text{ V}^{-1}$$