

目录

一、 生活中的电力电子设备：手机电源适配器	1
1.1 电源适配器定义	1
1.2 设备简介	1
1.3 设备电路及功能分析	1
1.4 电路分析	2
1.5 器件型号及其参数	3
二、 电力 MOSFET 仿真特性及比较	4
2.1 输出特性	4
2.2 漏—源极导通电阻	5
2.3 转移特性	6
2.4 反向二极管的正向特性	7
2.5 开关波形	8

一、 生活中的电力电子设备：手机电源适配器

1.1 电源适配器定义

电源适配器 (Power adapter) 是小型便携式电子设备及电子电器的供电电源变换设备, 也包括我们平时所说的”充电插头”, 一般由外壳、变压器、电感、电容、控制 IC、PCB 板等元器件组成。它的工作原理是将交流输入转换为直流输出, 将家用交流电转换为较小电压的直流电用于手机充电, 拥有过压、流保护、短路保护等, 确保使用者的安全

1.2 设备简介

本次选择的电力电子设备为飞天鹰 PS05L 便携适配器, 能效等级为六级。



图 1: 产品参数

1.3 设备电路及功能分析

经查阅资料和小组讨论, 电源适配器中电压变换过程可以简要表示为图 2。

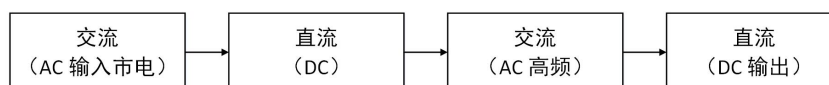


图 2: 电源变换过程

在广泛查阅资料后, 我们可以得到适配器内部电路图为图 3。

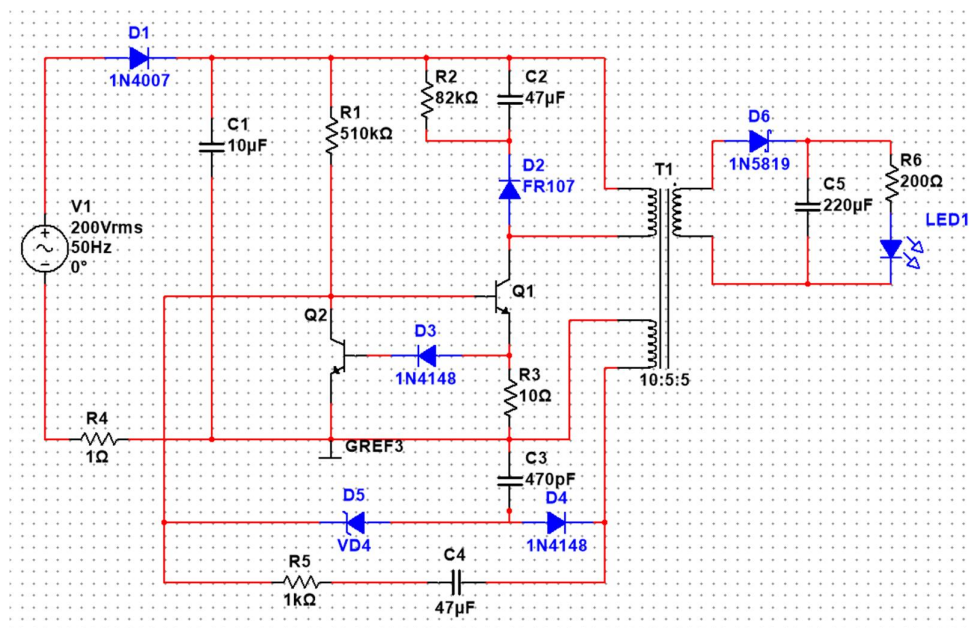


图 3: 电路图

以主电路、控制电路、驱动电路等为分类标准，确定此电源适配器电路总体可分为三个部分。具体划分如图 4。

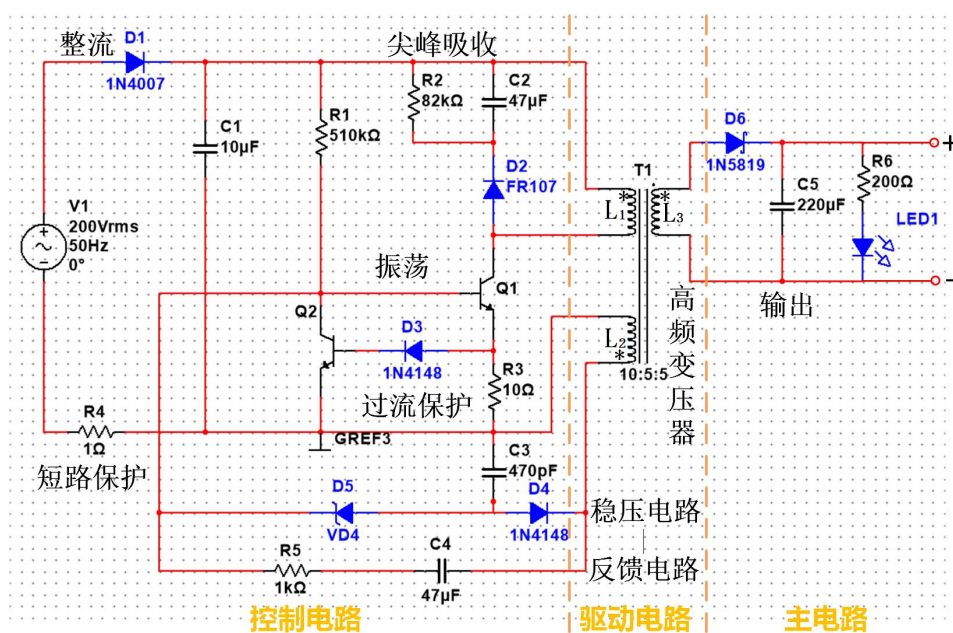


图 4: 电路划分图

1.4 电路分析

经小组拆解及研讨，以功能作为分类标准，电路可以分为整流滤波电路，震荡电路，保护电路以及稳压电路。具体划分见图 4。

1) 整流滤波电路

D1、C1 半波整流，二极管 D1 将输入的 220V 交流电压转化为峰值电压为 311V 的脉动直流电压，再由电容器 C1，将脉动直流电压滤波达到 300V 左右的直流电压。

R2、C2、D2 吸收尖峰，R2、C2 组成高频滤波器，吸收频率较低的尖峰，将电源转为高频交流电再由 D2 整流。D6、C5，将振荡变压所得的交流高频电压转换为直流电压输出。

2) 振荡电路

R_1 、Q1、L1、L2、C4、R5 形成正反馈，如果没有 L2、C4、R5 反馈支路的存在，三极管 Q1 就只能通过偏置电阻 R_1 提供合适的偏压，形成了一般的放大电路。

3) 保护电路

D3，采用 1N4148 防止电压过大导致电流过大烧损适配器。

4) 稳压电路

D4，控制 L2 两端电压，确保被高频变压器转换后为所需电压值。

1.5 器件型号及其参数

符号	说明	单位
V_F	最大正向电压	V
T_{\max}	最高工作温度	°C
T_{\min}	最低工作温度	°C
I_{OM}	最大输出电流	A
V_P	最大重复峰值反向电压	V
I_F	最大重复峰值正向电流	A
I_C	最大集电极电流	A
h_{FE}	最小直流电流增益	/
V_{CBO}	集电极发射极最大电压	V
V_{CEO}	集电极发射极击穿电压	V

表 1: 符号说明

型号	V_F	T_{\max}	T_{\min}	I_{OM}	V_P	I_F
1N4007 (D1)	1.1	150	-55	1	1000	30
FR ₁ 07 (D2)	1.3	175	/	1	1000	30
1N4148 (D3,D4)	1.0	125	-65	0.15	1000	30
1N5819 (D5)	0.9	150	-55	1	40	25

表 2: 整流二极管型号及参数

型号	I_C	h_{FE}	T_{\max}	T_{\min}	V_{CBO}	V_{CEO}
ST13003 (Q1)	1.5	5	150	-40	700	400
C945(Q2)	0,15	130	150	-55	60	50

表 3: 双极晶体管信号及参数

二、 电力 MOSFET 仿真特性及比较

本组对应器件编号为: MOSFET-Infineon-BSC440N10NS3-DS-v02_04-en

2.1 输出特性

1) 仿真结果

对应的 LTspice 仿真测试电路及结果如下, 设置 V_{DS} 从 0V 至 3V, 取 0.001 分度; V_{GS} 取 4.5V 至 10V, 取 0.5 分度, 以 R_1 模拟导线等电阻:

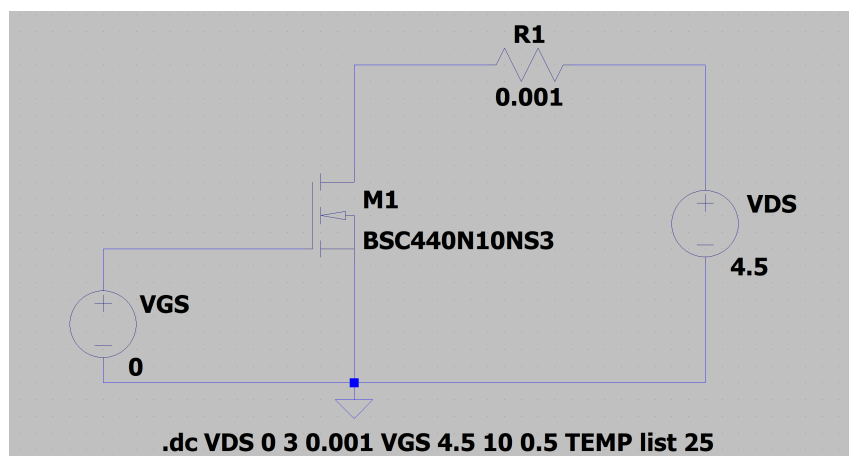


图 5: 输出特性仿真电路图

2) 结果分析

由于 V_{GS} 范围设置为 4.5-10, 大于 V_T (2-4V), 因此不存在截止区。当 V_{DS} 不足够大时 (未达到饱和区), 在可变电阻区, 栅源电压 V_{GS} 用来改变沟道宽窄, V_{DS} 电压使沟道产生梯度, 随着 V_{DS} 增大, 梯度越来越大, 最终形成点夹断, I_D 达到饱和, 这时 I_D 由 V_{GS} 唯一控制。因此, 当 V_{GS} 固定时, 随着 V_{DS} 的增加, I_D 先升高, 然后变平。当 V_{DS} 固定时, 随着 V_{GS} 的增加, I_D 也升高。这是因为随着 V_{GS} 的增加, MOSFET 的电导率更强 (沟道更宽), 漏极电流 I_D 更大。

比较仿真图像与手册给出特性, 输入特性图像变化趋势几乎相同, 具体数据不同, 经小组讨论分析, 认为有以下两点原因:

1. 仿真结温与实际结温有差别。在仿真模拟中, MOSFET 温度被定为恒定的 25 度, 而在实际操作中, 场效应管温度不可能保持温度一致, 进而导致曲线的不一致。

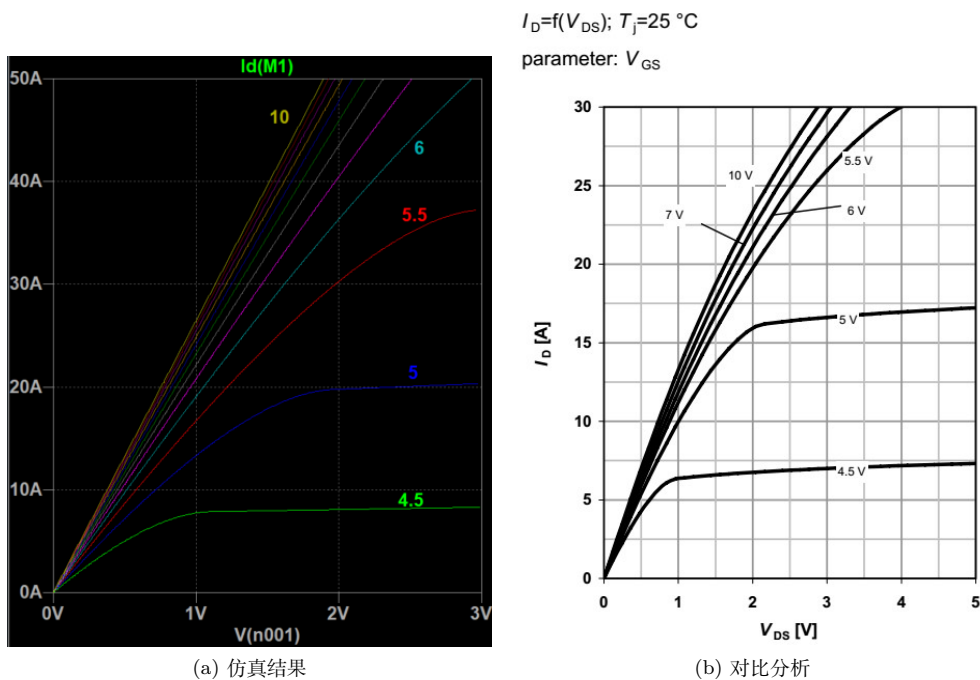


图 6: 输出特性结果及对比

2. 电路中电阻 R_1 的取值也会影响结果。

2.2 漏—源极导通电阻

1) 仿真结果

应用仿真模拟，其电路搭接与 2.1.1 中输出特性一致，设置 V_{DS} 从 0V 至 150V，0.001 分度； V_{GS} 从 5V 至 10V；温度设置为 25 度和 150 度：

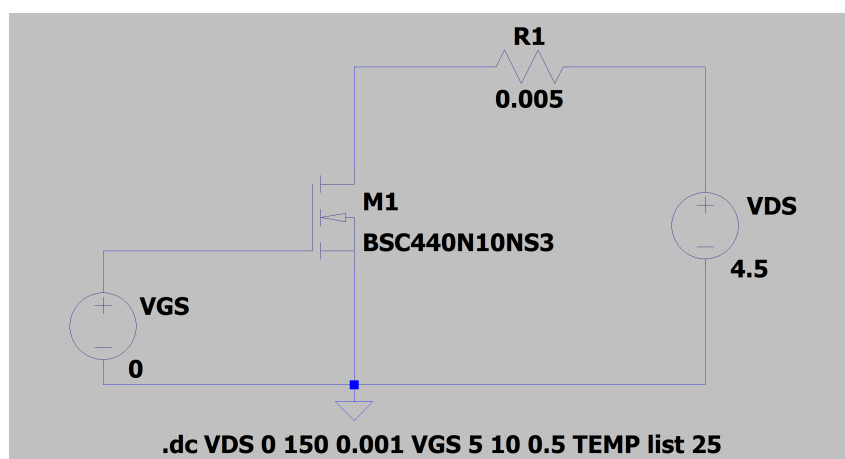


图 7: 导通电阻仿真电路图

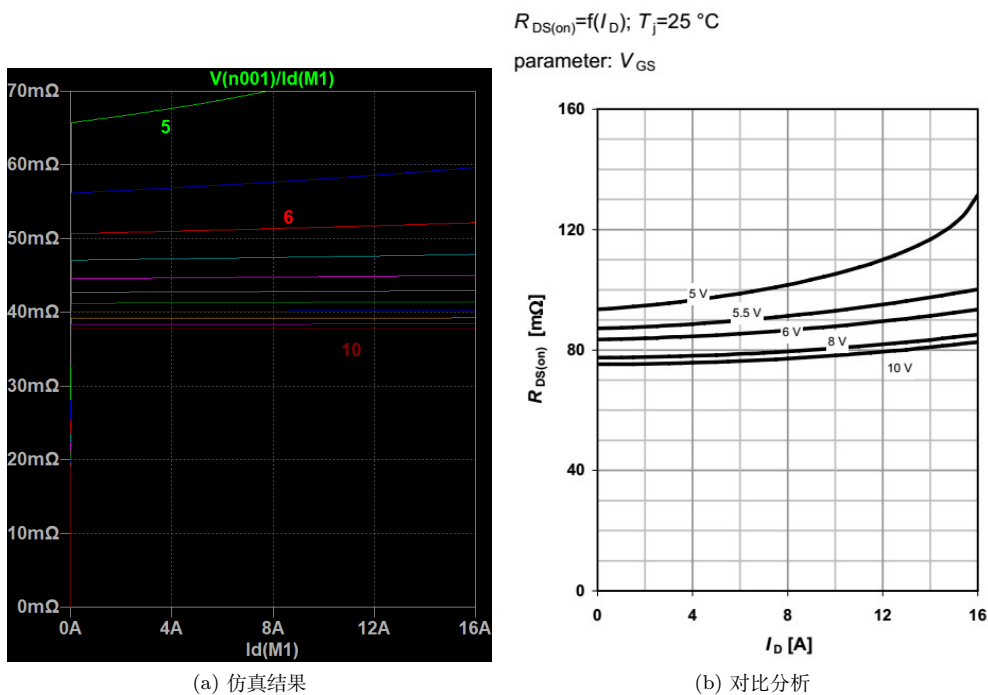


图 8: 输出特性结果及对比

2) 仿真结果分析

随着 V_{DS} 的增加，其近似为漏—源极导通电阻两端电压，由图 6a 输出特性曲线可知， I_D 先增大后平稳。由 $R_{DS} = V_{DS}/I_D - R_1$ 可知，当 V_{DS} 增大时，分子还在增大，总体上升。特别是当 V_{DS} 增加到足够大，使 I_D 趋于饱和，由于自变量为 I_D ，故漏—源极导通电阻直线上升。

2.3 转移特性

1) 仿真结果

仿真转移特性的相应电路图与前文电路相同，其仿真结果如图 9 和图 10 所示。

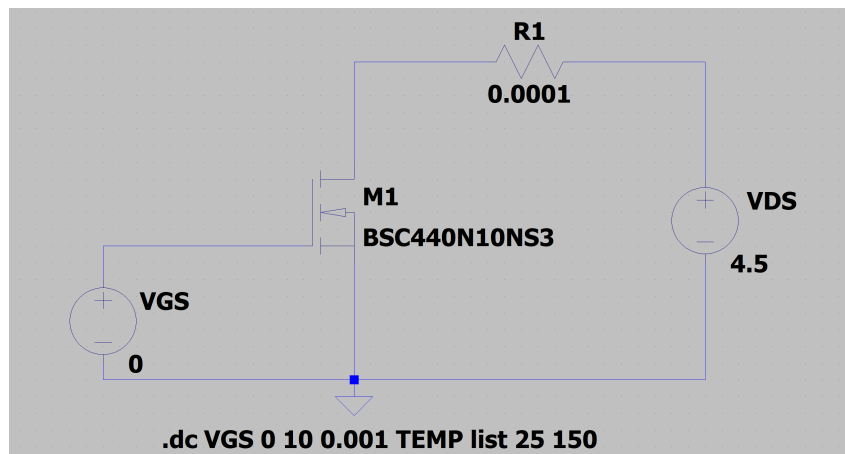


图 9: 转移特性仿真图像

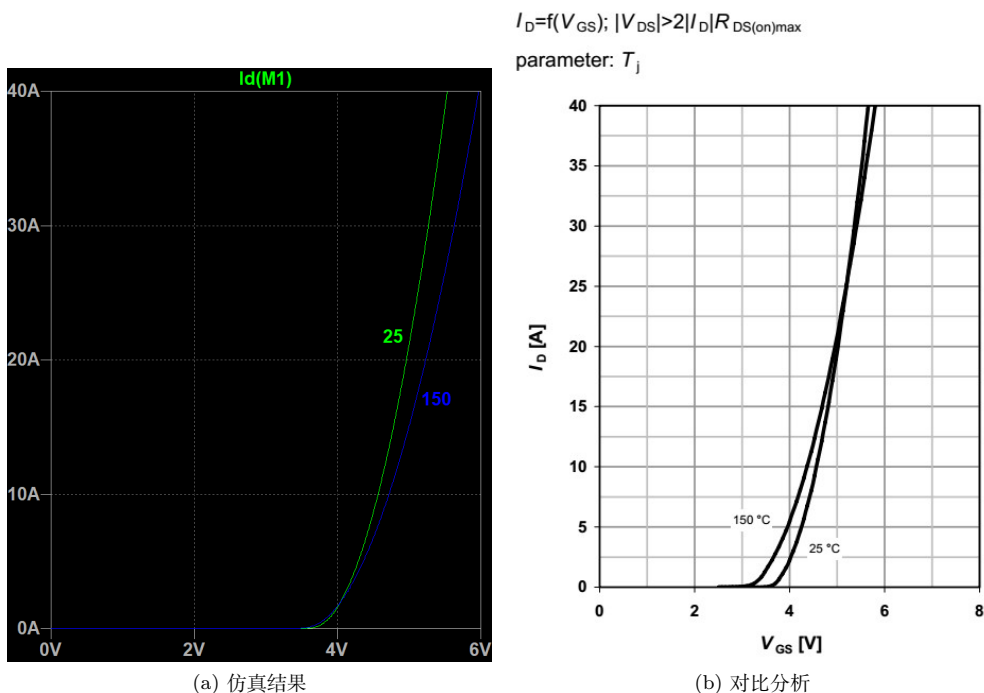


图 10: 输出特性结果及对比

2) 仿真结果分析

图中，当 V_{GS} 大于导通电压 V_T 时（图中为 3V 左右），MOSFET 接通，产生漏极电流 I_D 。由上述输出特性已知， V_{GS} 越大，导电性越强，电流越大。同时，在 150°C 时，电流更大。但通态电阻的温度系数为正（随温度升高，阻值会变大），所以当 V_{GS} 逐渐增大时，在 25°C 时 I_D 会增大的更快。

观察两幅图形，均有线路交叠。当 V_{GS} 大于导通电压 V_T 时（图中为 3V 左右），MOSFET 接通，产生漏极电流 I_D ， V_{GS} 越大，导电性越强，电流越大。首先，在 150°C 时，电流更大。但通态电阻的温度系数为正，所以当 V_{GS} 逐渐增大时，在 25°C 时 I_D 会增大。

2.4 反向二极管的正向特性

1) 仿真结果

如图 11 所示，为测试 MOSFET 的二极管反向导通特性，只连接漏级和源级，令栅极悬空，电路可等效为漏级和源级之间加了一个反向二极管，此时加反向电压 V_{SD} ，即可反映反向二极管的正向导通特性。

2) 仿真结果分析

如图 12 所示，在图 12a 中，随着温度从 25 度上升到 150 度，特性曲线左移。且电路中加反向电压，由于体二极管的存在，反向电压只要大于这个体二极管的死区电压是可以导通的。此图像与

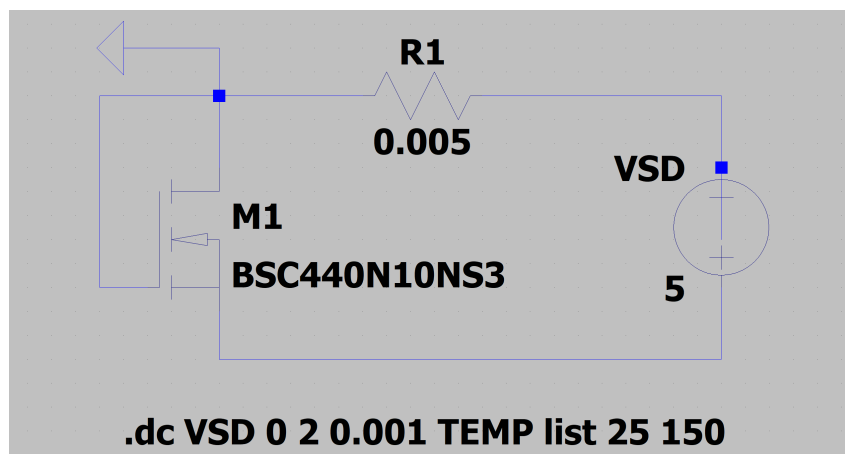


图 11: 反向二极管的正向特性仿真图像

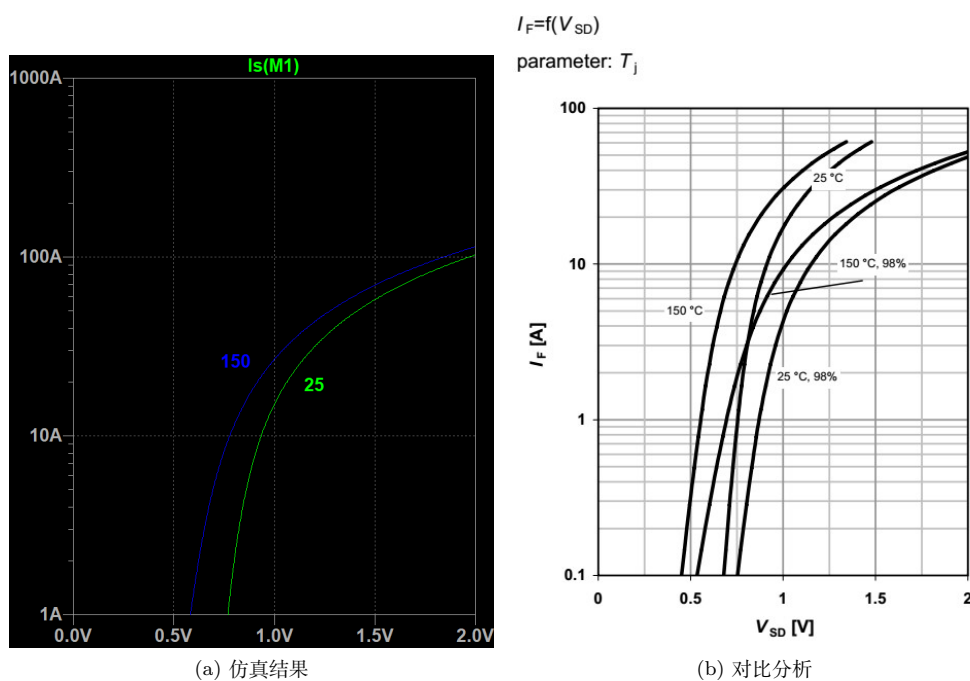


图 12: 输出特性结果及对比

一般二极管一致。

2.5 开关波形

1) 仿真结果

如下图所示搭建电力 MOSFET 测试仿真电路，其中由于电源内阻 R_s 、漏极电流检测 R_f 较小，在电路中仅取 1Ω ，在 V_{GS} 加入脉冲信号，我们可以得到相应的开关波形。

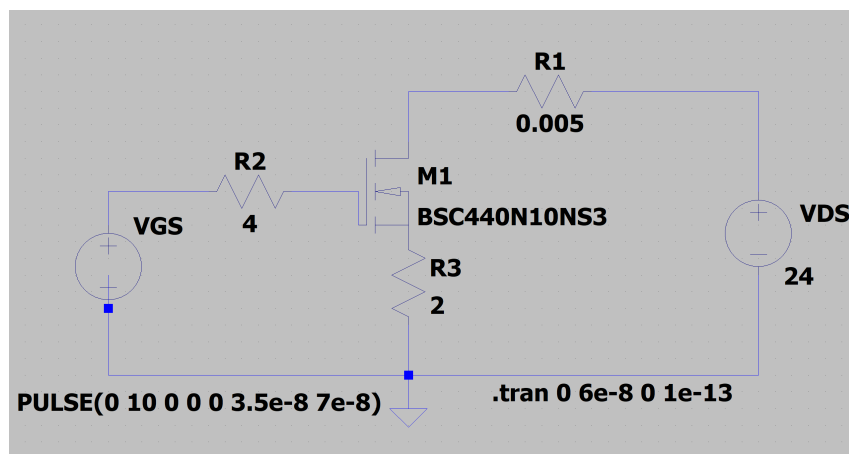


图 13: 开关波形仿真电路图

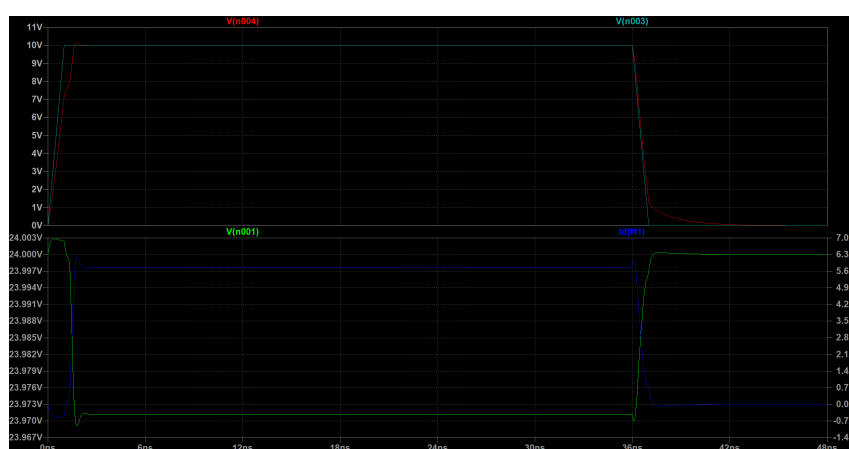


图 14: 开关波形仿真电路图

2) 仿真结果分析

如图 14 所示，与预期曲线基本一致，形成了上升阶段的“密勒平台”，同时仿真中由于所加电阻及元件寄生电容等原因，曲线存在波动。

由于电力 MOSFET 存在输入电容 C_{in} ，其有充电过程，使门电压 U_{GS} 呈指数级上升。当 U_{GS} 上升到导通电压 U_T 时，漏极电流 I_D 开始出现，之后随着 U_{GS} 的上升， I_D 上升到一个稳定值时，栅电压上升到 U_{GSP} ，漏极电压 U_{DS} 开始下降。在漏极电压降时，栅极电压 U_{GS} 将维持 U_{GSP} 的值，形成平台。它不会继续上升到它的稳态值，直到结束电压下降，最终形成了“密勒平台”。