

东南大学自动化学院

《电机与电力电子》仿真作业

作业名称：斩波电路demo分析

作业次数：第12次

姓 名： 张韞译萱 学 号： 08023214

作业完成时间： 2025 年 11 月 20 日

## 一、 作业目的（要求）

在 matlab 中，任意找一个斩波电路的 demo，分析其原理和结果。

1. 在 matlab 中，任意找一个斩波电路的 demo，分析其原理和结果。

## 二、 完成情况

选择 Buck Converter Voltage Control demo 进行了以下分析：

1. 分析斩波电路工作原理
2. 对电路的控制系统进行分析
3. 运行得到仿真结果，分析了电压、电流、占空比等参数的动态响应
4. 分析负载变化时系统的调节特性

## 三、 具体情况

### 1 电路原理

Buck 电路为降压斩波电路，通过控制开关管的占空比来调节输出电压。

电路组成：

1. 输入电压源：  $V_{in} = 20V$ （直流）
2. 控制开关 G：通过 PWM 信号控制
3. 续流二极管：当开关关断时提供电流通路
4. 滤波电感 L 和电容 C：用于平滑输出电压和电流
5. 负载电阻：采用分段常数电阻模拟负载变化

工作原理：

Buck 电路的输入输出电压关系为：

$$U_o = \rho \cdot U_i \quad (1)$$

其中， $\rho$  为占空比， $U_i$  为输入电压， $U_o$  为输出电压。

当参考电压  $U_{ref} = 6V$ ，输入电压  $U_i = 20V$  时，理论占空比为：

$$\rho = \frac{U_o}{U_i} = \frac{6}{20} = 0.3 \quad (2)$$

## 2 控制系统

该示例采用了闭环电压控制系统：

1. 参考电压  $U_{ref}$  设定为期望输出电压（示例中为 6V）
2. 控制器将参考电压与实际输出电压  $U_o$  进行比较
3. 通过反馈控制生成相应的 PWM 信号控制开关管
4. 实现输出电压的稳定调节

## 3 仿真结果分析

从仿真结果可以观察到以下特性：

### 1. 电压响应特性：

1. 参考电压 (V1) 从 0V 阶跃到约 6V，随后又阶跃到约 8V
2. 测量输出电压 (V2) 能够快速跟随参考电压变化
3. 系统具有良好的动态响应性能，超调量较小
4. 稳态误差接近于零，说明控制系统性能良好

### 2. 输入电压：

1. 输入电压保持在 20V 恒定值
2. 为降压变换提供稳定的电源输入

### 3. 占空比变化：

1. 初始稳态时占空比约为 0.6
2. 在  $t = 0.15s$  时，负载发生变化，占空比迅速调整
3. 占空比的调整使输出电压保持稳定
4. 占空比的变化范围验证了控制系统的调节能力

### 4. 输出电流：

1. 初始输出电流约为 3A
2. 在  $t = 0.15s$  时，电流降至约 2A
3. 电流变化对应负载电阻的变化
4. 根据  $I = U_o/R$ ，当电压保持 6V 不变时，电流从 3A 降到 2A 说明负载电阻增大

## 4 电路性能验证

通过仿真结果可以验证：

1. 输出电压与占空比关系：当  $U_{ref} = 6V$  时，理论占空比应为  $\rho = 6/20 = 0.3$ ，实际仿真中占空比在 0.6 左右是因为还考虑了损耗和控制策略
2. 闭环控制有效性：当负载变化时，控制系统能够自动调整占空比，保持输出电压稳定
3. 动态性能：系统响应速度快，调节时间短，适合实际应用

## 四、 问题与思考

**问题：**如何保证 Buck 电路在不同工况下的稳定性？

1. LC 滤波器的参数选择：电感和电容的值会影响系统的动态响应和稳定性，需要合理设计以避免振荡
2. 控制器参数整定：PI 控制器的比例和积分参数需要根据系统特性进行调整，以获得最佳的动态性能
3. 工作模式：Buck 电路有连续导通模式 (CCM) 和断续导通模式 (DCM)，不同模式下的控制策略不同

### 1 实际应用中的考虑

**延伸思考：**

1. **效率问题：**实际应用中需要考虑变换器的效率，开关频率、器件选型都会影响效率
2. **EMI 问题：**开关动作会产生电磁干扰，需要采取适当的滤波和屏蔽措施
3. **保护机制：**实际电路应包含过流保护、过压保护、短路保护等功能
4. **启动过程：**软启动技术可以限制启动瞬间的浪涌电流，保护电路和负载

东南大学自动化学院

《电机与电力电子》非仿真作业

作业名称：斩波电路原理理解

作业次数：第12次

姓 名： 张韞译萱 学 号： 08023214

作业完成时间： 2025 年 11 月 20 日

## 一、 作业要求

1. 画出三种最基本的斩波电路，降压，升压，升降压的电路图，并基于上课介绍的方法，推导其输入输出关系。也可以自己上网寻找新的方法，进行推导。
2. 简述，斩波电路为什么可以实现升压。

## 二、 回答或解决问题

### 1 电路图，输入输出关系的推导

电路图如下：

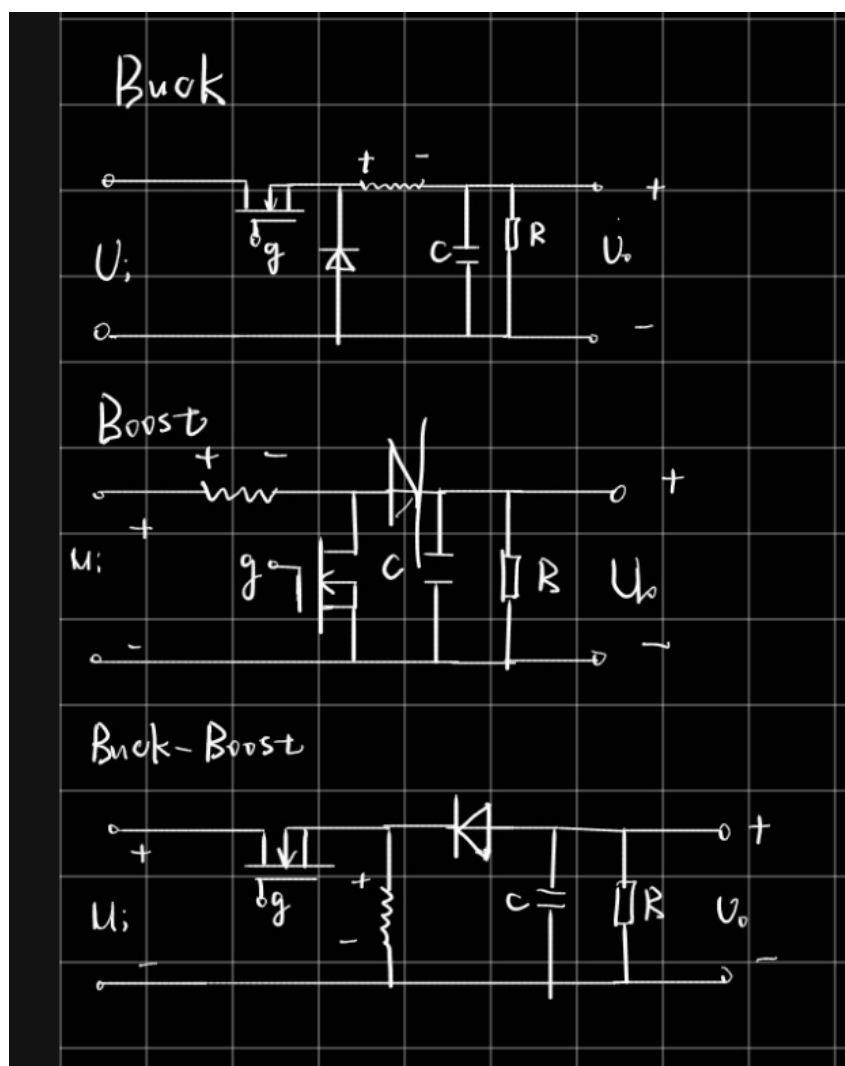


图 1: 电路图

输入输出关系的推导过程如下：

稳态工作下，电感电压  $u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$

电感电流  $i_L(t) = i_{L1}(t) + \frac{1}{L} \int_{t_1}^t u_L(t) dt$

伏秒平衡：  $\int_{t_1}^{t_1+T} u_L(t) dt = 0$

取有效值处理

$\Rightarrow (M_i - M_o) t_{on} - M_o t_{off} = 0$   $M_o = U_o \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$   $\rho = \frac{t_{on}}{T}$  占空比  $\Rightarrow$  理想 R.L.C. 谐振电路

Buck:  $M_o = \rho M_i$

Boost:  $M_o = \frac{M_i}{1-\rho}$

Buck-Boost:  $M_o = -\frac{\rho}{1-\rho} M_i$

$t_{on}: M_i = M_L$   $t_{off}: M_L = M_o$

$M_i t_{on} + (M_i - M_o) t_{off} = 0$

$\frac{M_o}{M_i} = \frac{t_{on}}{t_{off} + t_{on}} = \frac{\rho}{1-\rho}$

$\frac{M_o}{M_i} = \frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{\rho}{1-\rho}$

图 2: 输入输出关系的推导过程

## 2 简述

因为斩波电路可以依靠开关的打开和关断控制电路处于不同状态（以 boost 电路为例，开关打开时，电源向电感充电，使其储存能量，电源闭合时，电感为维持电流不突变，会产生很大的反向感应电动势，和电源电压叠加在一起，使得负载端输出电压高于电源电压，从而实现升压）。