



清华大学机械工程专业本科生课程

机电系统专题实验

Mechatronic Systems Special Experiment

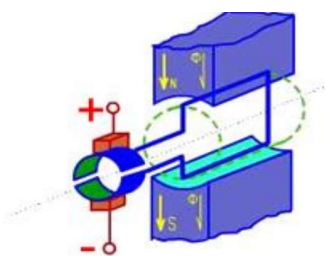
电机驱动与L298模块

| | | |
|-------|-----|------|
| 任课教师： | 朱 煜 | 长聘教授 |
| | 尹文生 | 副教授 |
| | 胡金春 | 副研究员 |

直流有刷电机与电机驱动

- 不同原理电机的驱动原理不同
- 直流有刷电机：通电（电流）绕组线圈在磁场中受力产生力矩
- 电机驱动：适应阻抗/工况变化为绕组提供(来自运动控制器) 电流

基本原理



力矩系数

$$M = k \cdot I$$

旋转力矩 绕组电流

$$k(t) = k(\theta(t))$$
$$I(t) = I_e(t) + \varepsilon(t)$$



电机绕组



换向碳刷



减速齿轮

工业电机驱动器

电机驱动器是伺服系统的重要部分，它主要通过**位置（角度）、速度（角速度）和力（电流/力矩）**方式对电机高精度控制。

主流伺服驱动器架构：以数字信号处理器（DSP）+FPGA为核心，通过复杂控制算法与逻辑，实现数字化、网络化和智能化。



美国
Kollmorgen



以色列
Elmo



奥地利
贝加莱



德国
BoschRexroth



日本
安川



台湾
台达

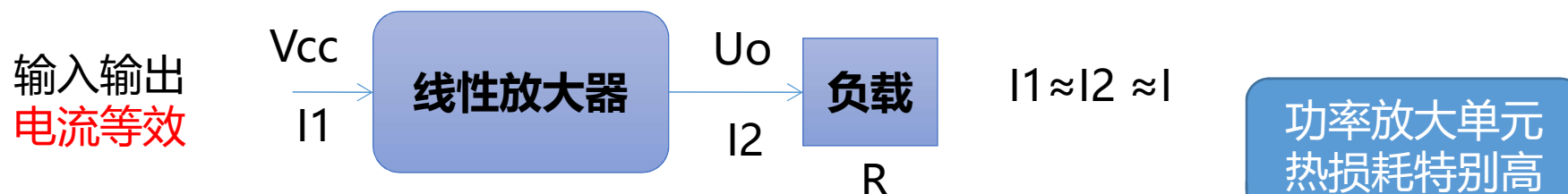


华中
数控

电流闭环驱动器

常见功率驱动形式

1) 线性驱动器



稳态时电源输入功率: $P_i = V_{cc} * I$

稳态时输出到负载功率: $P_o = I^2 * R$

稳态时放大器消耗功率: $P_i - P_o = V_{cc} * I - I^2 * R$

放大器无效损耗较大
最大: $I = 0.5 * V_{cc} / R$

理论功率传输效率: $P_o / P_i = (V_{cc} * I - I^2 * R) / (V_{cc} * I) * 100\%$

高频噪声小、功率低、耐压小

用于小电流、低动态、噪声敏感、反电动势小驱动器

常见功率驱动形式

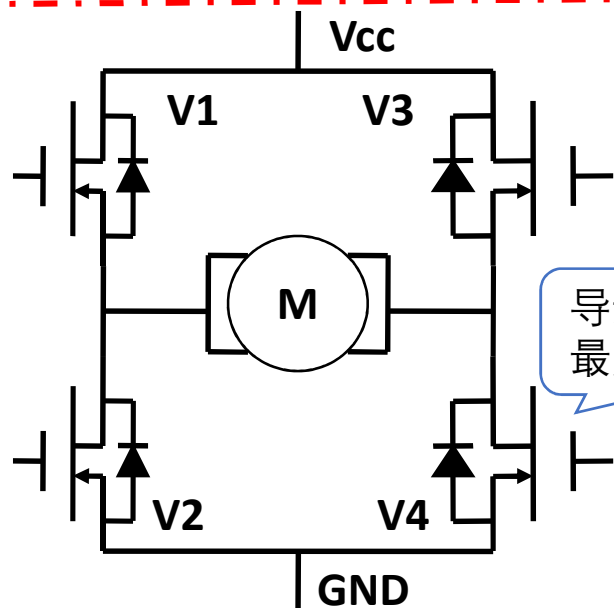
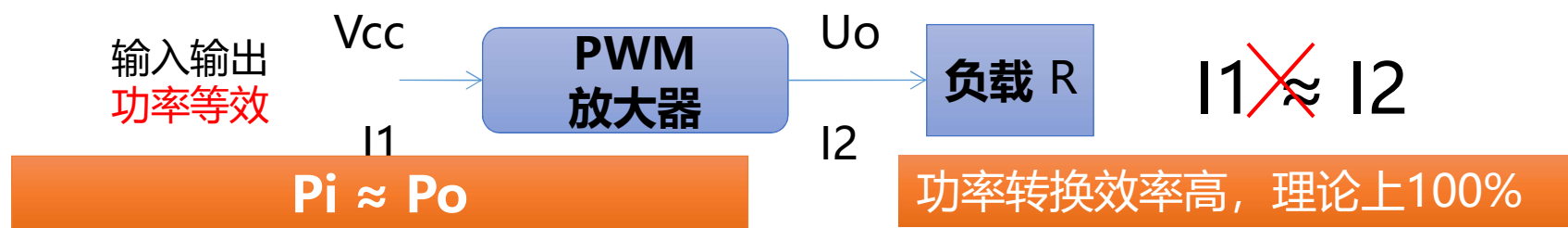
2) 调制(主要为脉冲宽度调制PWM)驱动器

采用调制功率放大原理实现的电机驱动器特点:

- 采用MOS、IGBT等开关器件, 具有**高耐压**能力, 工作于开关状态具有**大电流通断、极低导通电阻**等特点
- 能够实现大功率输出, 相对线性功率放大器可有效地**降低器件自身热损耗**
- 随着电力电子技术的发展, 开关器件耐压能力、开关速度/拓扑创新、干扰抑制等性能与技术得到充分发展, PWM 功放成为**功率驱动技术的主要发展方向**

常见功率驱动形式

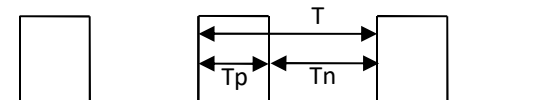
2) PWM 型电机功率驱动器



两种双向电流模式

- 双极性
- 单极性

导通内阻小
最大数百安



➤ PWM信号：周期 $T = T_p + T_n$
(开关频率 $1/T$)

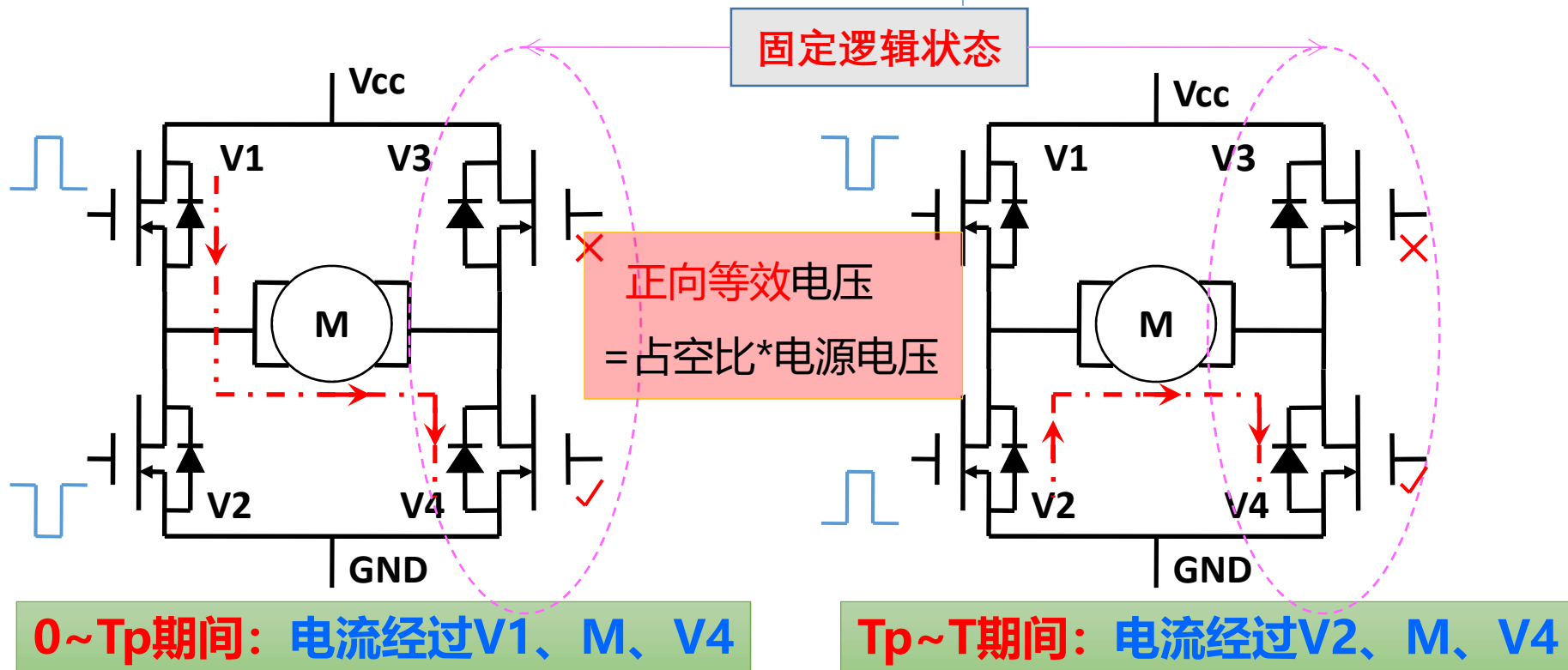
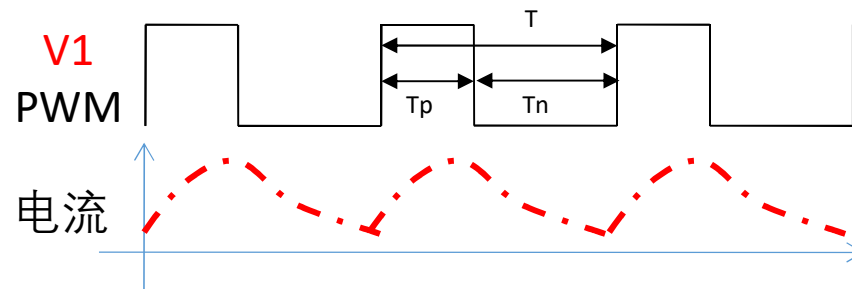
➤ 占空比： $D = T_p / T * 100\%$

由4只MOS组成H桥PWM驱动电路

常见功率驱动形式

2) PWM 型电机功率驱动器：单极性驱动正向电压

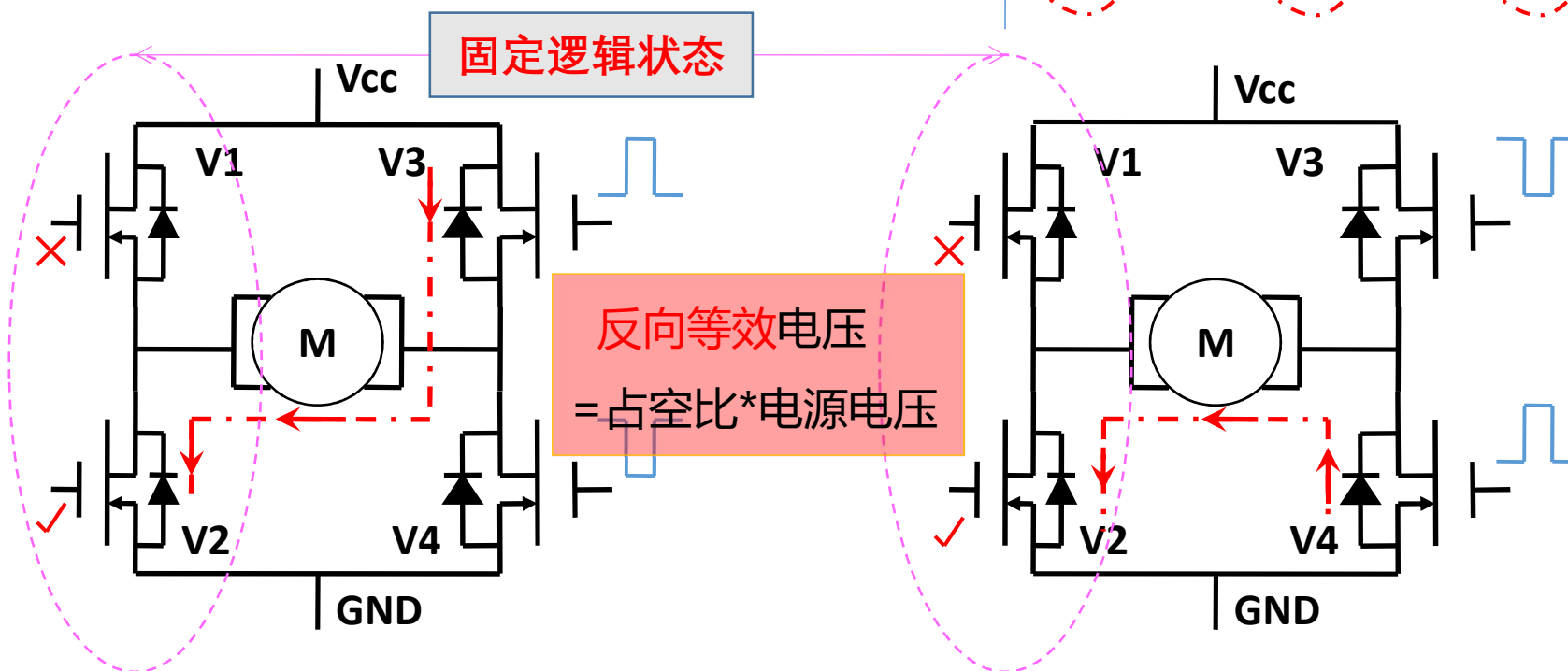
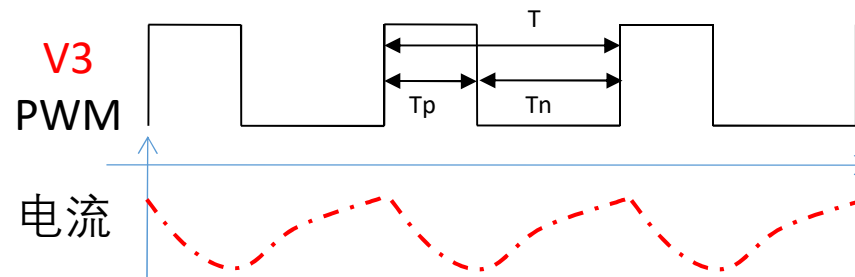
- V3保持关断，V4保持导通
- V1按照PWM控制正逻辑导通与关断
- V2按照PWM控制反逻辑导通与关断



常见功率驱动形式

2) PWM 型电机功率驱动器：单极性驱动反向电压

- V1保持关断，V2保持导通
- V3按照PWM控制正逻辑导通与关断
- V4按照PWM控制反逻辑导通与关断



0~Tp期间：电流经过V3、M、V2

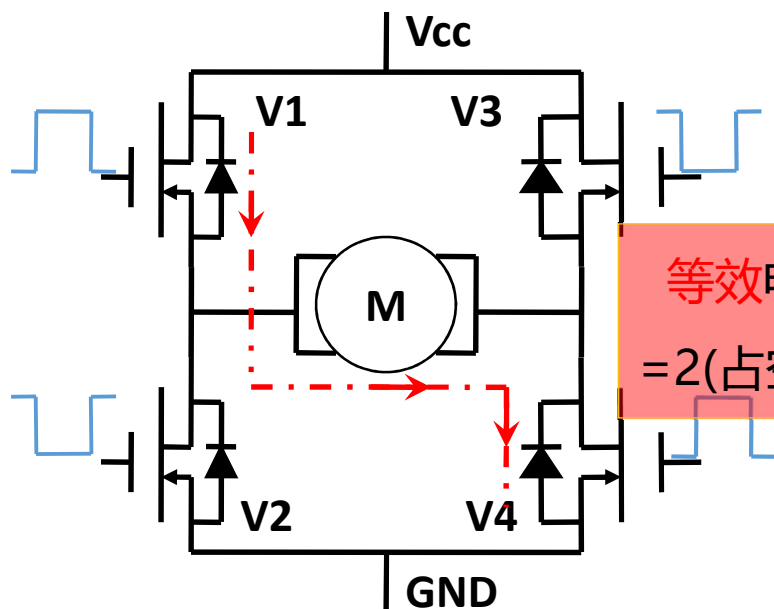
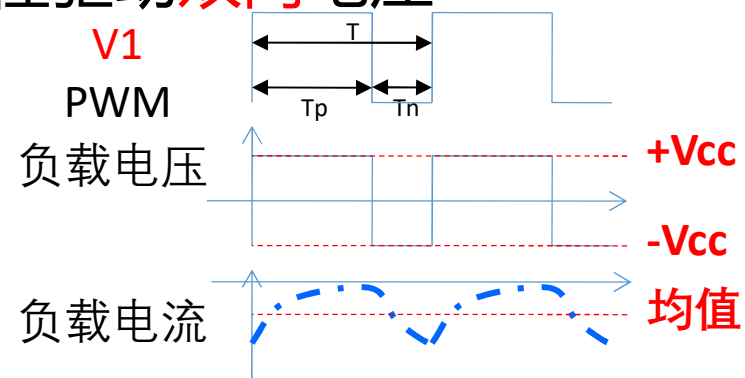
Tp~T期间：电流经过V3、M、V1

常见功率驱动形式

2) PWM 型电机功率驱动器：双极性驱动双向电压

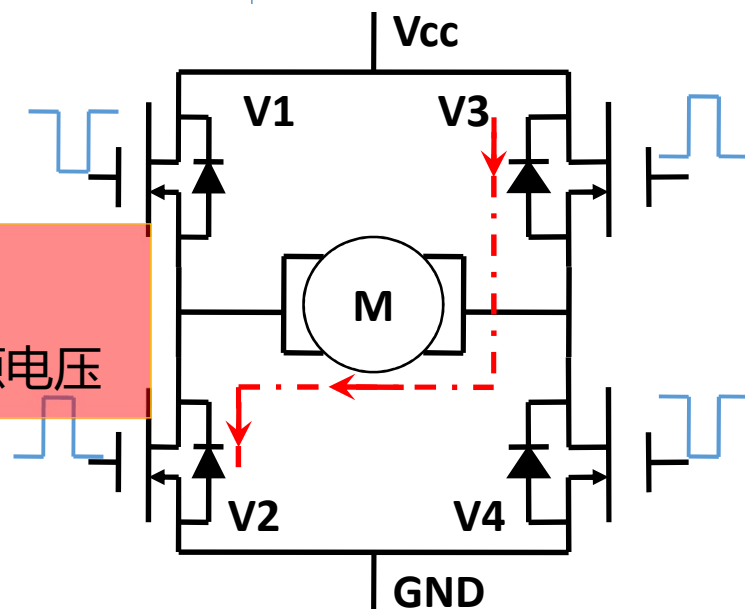
- V1、V4按PWM控制正逻辑通与断
- V2、V3按PWM控制反逻辑通与断

- ◆ 占空比大于50%时平均电压为正
- ◆ 占空比小于50%时平均电压为负



0~ T_p 期间：负载M上加电压+ V_{cc}

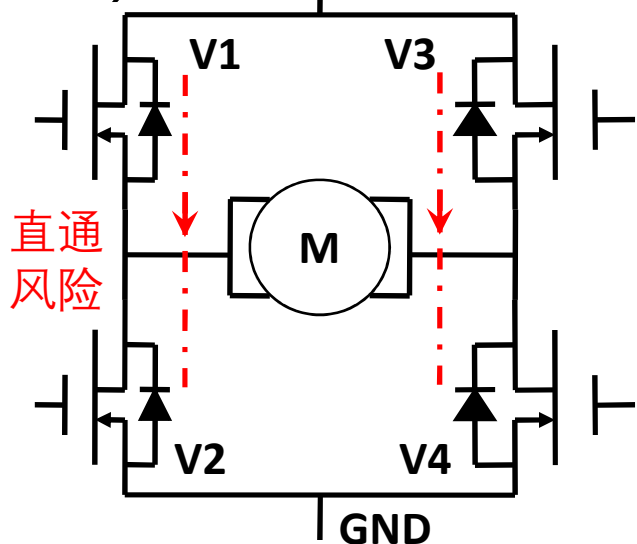
等效电压
 $= 2(\text{占空比} - 0.5) \times \text{电源电压}$



$T_p \sim T$ 期间：负载M上加电压- V_{cc}

常见功率驱动形式

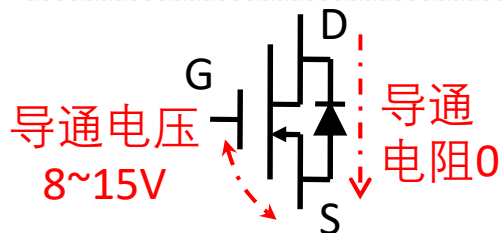
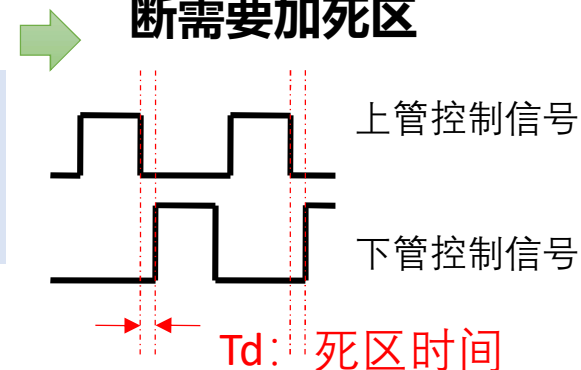
2) PWM 型电机功率驱动器：特殊问题



| Symbol | Parameter | Typ | Units |
|-----------|---|-----|-------|
| T_{ON} | Input to Output propagation turn-on delay time | 590 | ns |
| T_{OFF} | Input to Output propagation turn-off delay time | 660 | ns |

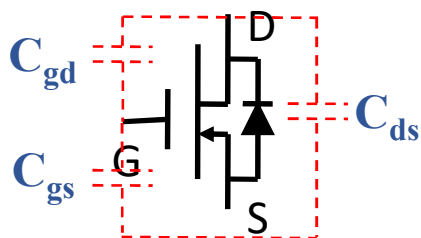
MOS关断时间较大，导通与关断切换V1、V2(或V3、V4)易直通，烧毁MOS管

上下管导通到关断需要加死区



MOS导通后DS压降几乎为0，G的电位必须随S相对保持8~15V

GS相对DS电源独立或GS自举电位



MOS器件GS、DS、GD存在米勒电容，带来MOS开关充放电损耗与逻辑错误
开关损耗影响开关频率提高

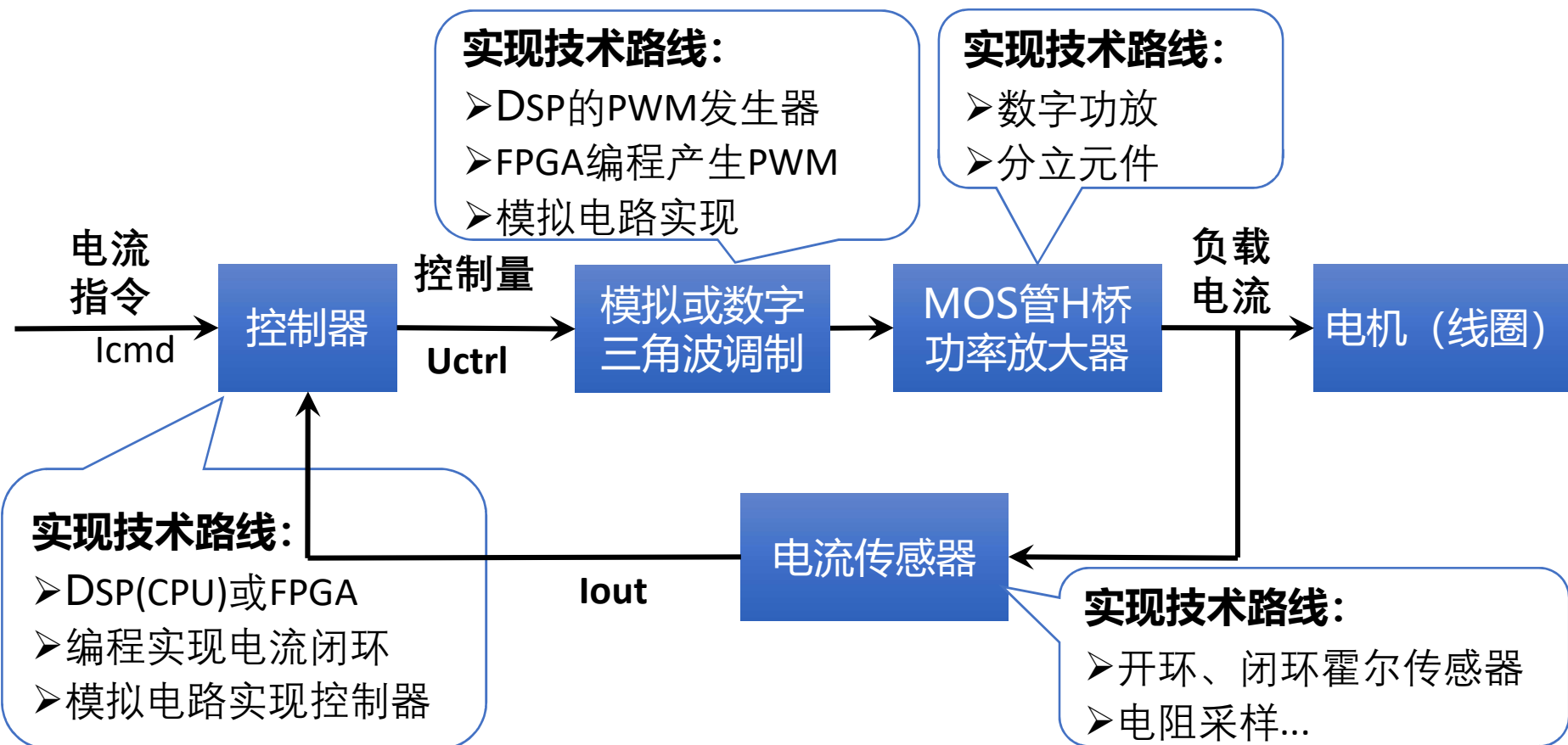
G端特殊电路，S端输出保护等
(软开关等技术)

常见功率驱动形式

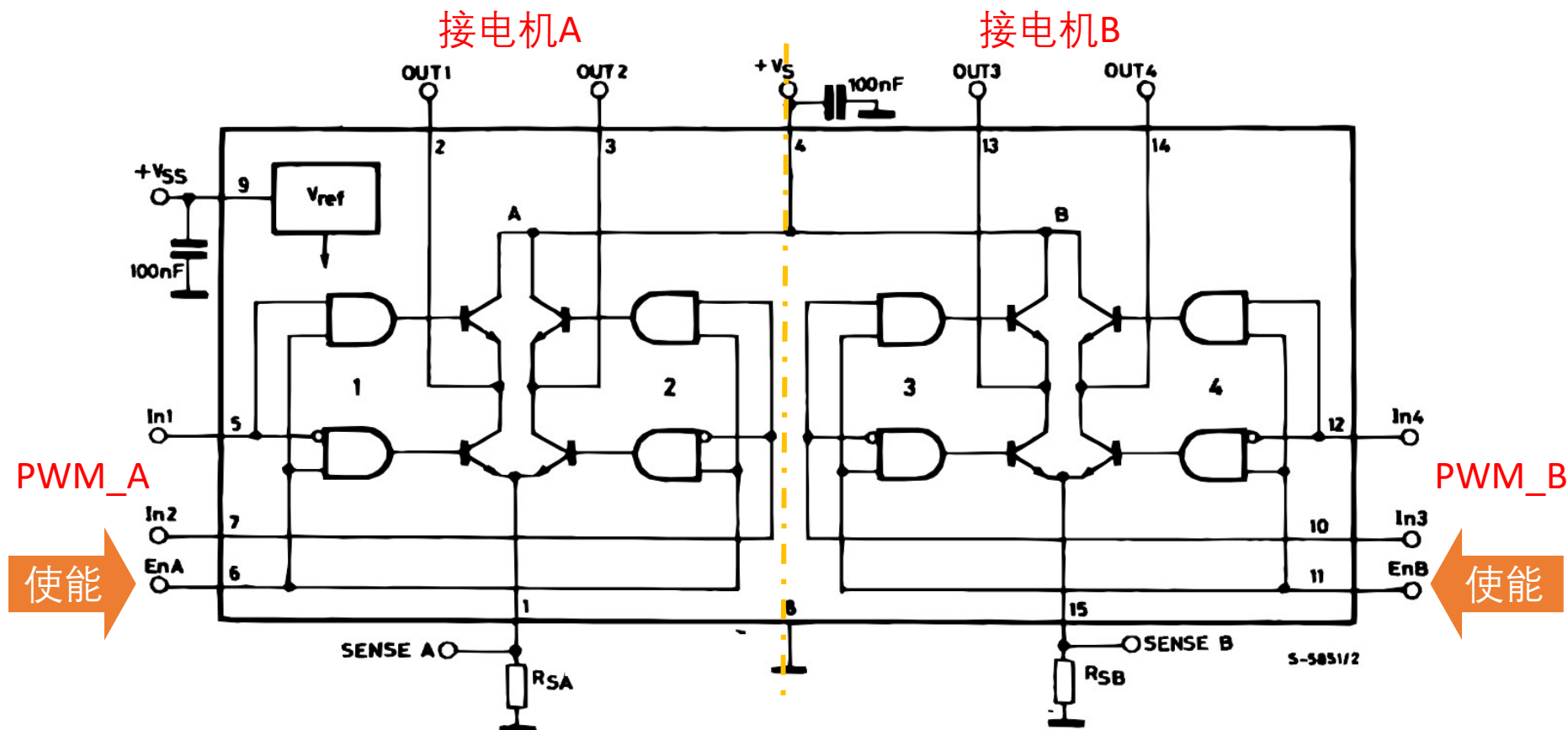
3) 电流闭环控制：实现高精度电流

- 功放仅实现**电压驱动**，输出与占空比**近似线性**，低输出阻抗
- 通过实现**电流环驱动器**：提高稳态电流精度，高输出阻抗

本课程
不实现



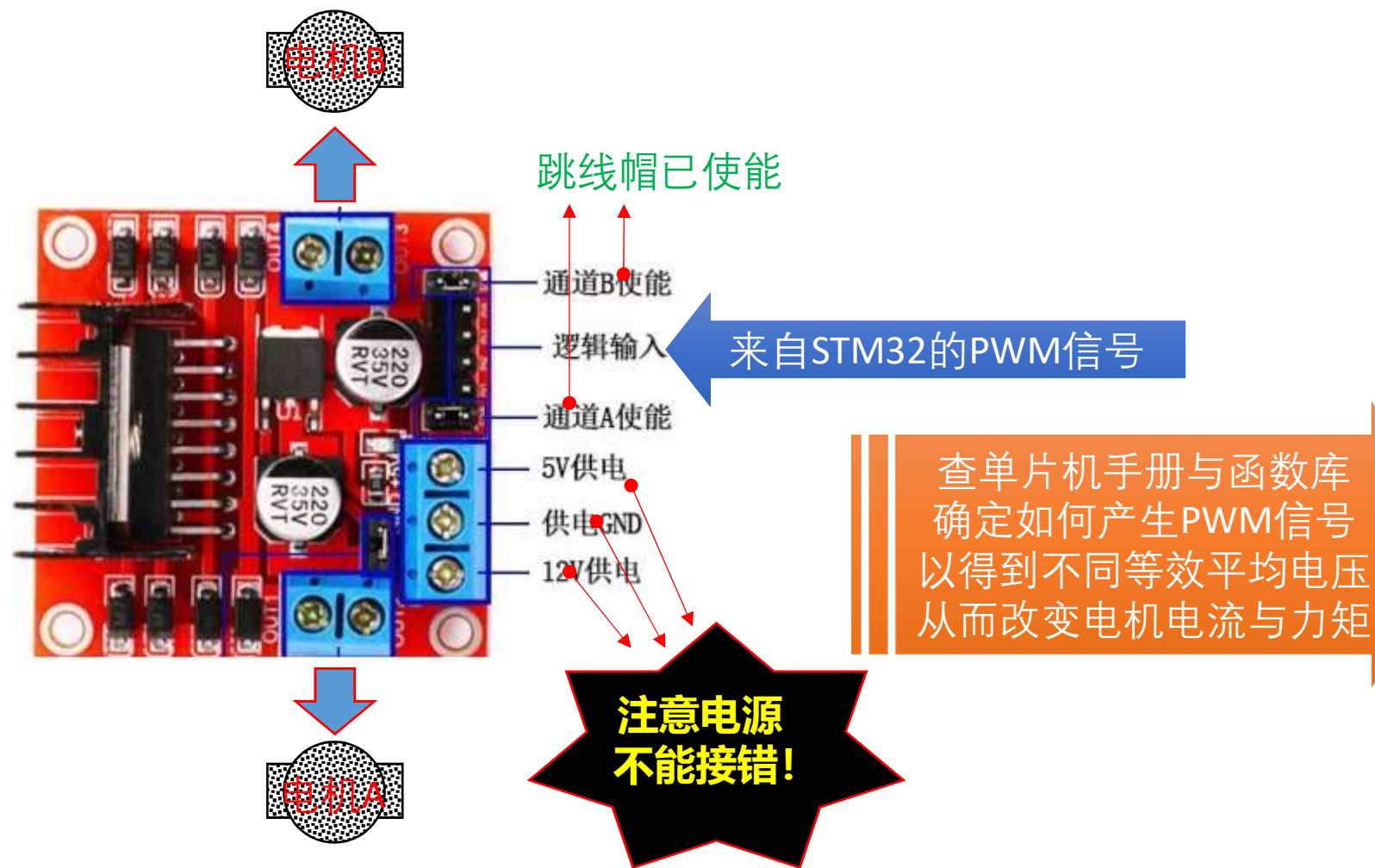
L298(ST)/ L298N(国产) 内部逻辑



对照前面PWM驱动原理，L298可以：

- 1) 同时驱动 2 只直流电机
- 2) 工作于单极性或双极性模式

L298N电机驱动板模块



查单片机手册与函数库
确定如何产生PWM信号
以得到不同等效平均电压
从而改变电机电流与力矩



