

AI赋能直流减速电机驱动电路研究

张梦达^{1*}, 王子健¹, 陈嘉兴¹, 徐成¹, 杨学兵¹, 赵伟强¹, 马发¹, 蔺金元^{1,2#}

¹宁夏大学电子与电气工程学院, 宁夏 银川

²宁夏大学电工电子实验中心, 宁夏 银川

收稿日期: 2025年9月18日; 录用日期: 2026年3月18日; 发布日期: 2026年3月26日

摘要

直流减速电机的驱动在工业自动化中发挥着重要作用, 决定着设备运行的稳定性和准确性。文章采用AI赋能知识学习, 系统地开展直流减速电机驱动电路研究。首先, 深入分析驱动电路的目标与技术要求, 制定详细设计方案。接着, 利用嵌入式系统电路构建驱动电路, 并通过多轮实验调试, 验证其性能与可靠性。在实验过程中, 采用AI智能体伙伴探索设计思路, 不断优化电路设计, 最终成功实现直流减速电机的高效驱动与稳定运行。研究不仅将电路分析知识应用于实际, 还充分使用AI拓展思路, 有效提升了实践操作与问题解决能力。

关键词

直流减速电机, 电机驱动电路, AI赋能, 电路分析

AI-Enabled Research on DC Geared Motor Drive Circuits

Mengda Zhang^{1*}, Zijian Wang¹, Jiaying Chen¹, Cheng Xu¹, Xuebing Yang¹, Weiqiang Zhao¹, Fa Ma¹, Jinyuan Lin^{1,2#}

¹School of Electronic and Electrical Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia

²Electrical and Electronic Experiment Center, Ningxia University, Yinchuan Ningxia

Received: September 18, 2025; accepted: March 18, 2026; published: March 26, 2026

Abstract

The driving of DC geared motors plays a pivotal role in industrial automation, directly determining the stability and accuracy of equipment operation. Leveraging AI-enabled knowledge acquisition, this paper presents a systematic study on DC geared motor drive circuits. First, the objectives

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张梦达, 王子健, 陈嘉兴, 徐成, 杨学兵, 赵伟强, 马发, 蔺金元. AI赋能直流减速电机驱动电路研究[J]. 电气工程, 2026, 14(1): 27-38. DOI: 10.12677/jee.2026.141003

and technical requirements of the drive circuit are thoroughly analyzed to establish a detailed design scheme. Next, an embedded-system-based drive circuit is constructed and iteratively debugged through multiple experimental rounds to verify its performance and reliability. During experimentation, an AI learning companion is employed to explore design ideas and continuously optimize the circuit, ultimately achieving efficient driving and stable operation of the DC geared motor. This research not only applies knowledge of circuit analysis to practical engineering but also fully utilizes AI to expand ideas, effectively enhancing practical operation and problem-solving abilities.

Keywords

DC Geared Motor, Motor Drive Circuit, AI Empowerment, Circuit Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景

在传统的电路设计中，“直流减速电机驱动”往往是比较繁琐的任务：电路设计者在有限时间内翻教材、查手册，在直接驱动、变频器、继电器或 PLC 等方案之间反复比较，然后手工插接面包板、烧录程序，再用示波器与万用表逐点测量。每更换一次器件或参数，就要重新连线、调试，漫长的试错过程不仅占用了大量时间，也导致最终成果多为“能转即可”的半成品，难以兼顾可靠性、可扩展性与性能指标。

嵌入式系统的普及为电机控制带来了“精密、可编程、高集成”的新思路，却同时抬高了综合门槛：电路设计者需同时完成硬件焊接、寄存器配置、算法编写，并独立应对电机换向尖峰、PWM 死区等复杂问题。故障定位与参数优化依旧依赖人工经验，实验难度并未因技术进步而实质下降，目标与效果之间仍存在明显落差。

人工智能技术的引入为上述困境提供了突破路径。通过自然语言交互，设计阶段，AI 智能体可在秒级给出多拓扑对比和器件选型；调试阶段，AI 基于报错信息迅速定位潜在故障并提供修正方案[1]；优化阶段，AI 依据目标指标自动提出改进策略，实现性能的迭代跃升。

由此，电机驱动实验从“人为主、机为辅”的线性流程，演进为“人机共思、共创、共验”的闭环协同：电路设计者聚焦于需求定义与关键决策，AI 承担复杂计算与经验迁移；双方在持续对话与快速迭代中完成知识内化与能力跃迁，使电路分析、信号处理、自动控制等理论知识在实验中即时转化为解决复杂问题的能力。

2. 研究综述

张泊明等学者以直流稳压电源设计实验为例分析指出，在人工智能飞速发展的当下，应将 AI 融入高校实验教学，赋能实验教学提质增效[2]；卢明羽等学者以三人表决器的设计为例研究显示，电子技术基础课堂引入 AI 后，可通过数据分析驱动个性化教学，依托实时学情分析精准推送资源、调整教学节奏，有效提升学生课堂参与度与知识吸收率，但存在部分学生过度依赖 AI 提示导致自主探究意识弱化，AI 生成内容可能存在专业性偏差，需教师耗费额外精力审核等问题[3]；夏李佳等学者还提到，尽管生成式 AI 能通过互动交流为学生提供个性化学习支持与反馈，改善传统教学局限性，但存在回答正确率不足的问题。

题, 如何防范 AI 助手误导学生、保障教学公平性与透明度, 仍是亟待解决的课题[4]。综上, 人工智能不仅为教育领域带来全新教学模式与发展机遇, 其与电路设计等领域的融合也正受到越来越多关注。

3. 研究方法

人工智能技术的迅速发展已在多个行业引发了深刻变革[5], 成为提升效率与质量的关键力量。本项目采用团队自主研发的“电路智导”AI 智能体, 构建“学生 - AI 协同闭环”设计框架, 如图 1 所示。该框架通过“电路设计者输入需求→AI 生成初步方案→使用者评估与反馈→AI 迭代优化”的循环机制, 实现人机协同进行电路设计。AI 能够根据设计者的需求在短时间内生成多种方案, 为电路设计者提供丰富的选择[6]; 同时可以根据使用者反馈动态调整策略, 显著提升了电路设计的精准度与效率, 同时有效降低了因设计缺陷导致的电路板故障风险。

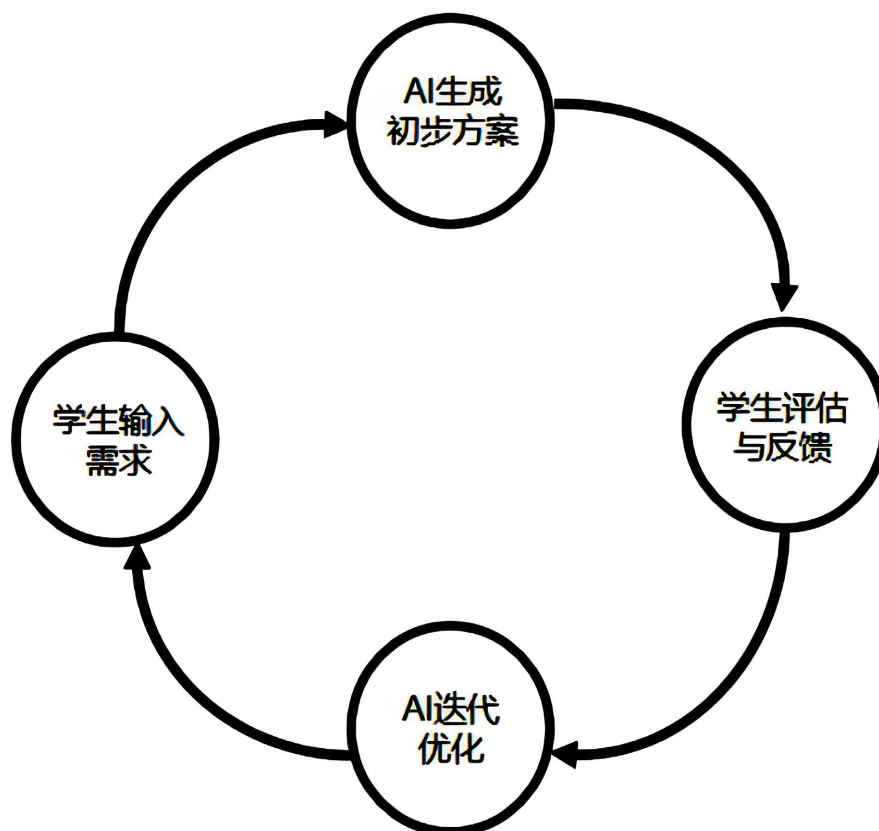


Figure 1. Human-machine collaborative circuit design flowchart
图 1. 人机协同电路设计流程图

4. 智能体构建与优化

4.1. 智能体模型选择

本文选用智谱清言作为智能体开发平台, 在其提供的 GLMs、GLM4-air、GLM-z1、GLM-4.5、GLM-4.6 模型中, 综合考量文本与代码生成能力及运行速度, 最终采用 GLM-4.5 模型 (非推理版) 构建智能体。

4.2 知识库构建

该智能体知识库采用“文本 + 图形”双库架构。文本知识库涵盖教材、本校实验指导书及自主归纳

内容，具体包括电路设计常用芯片、芯片构成的经典电路及原理解析与同种用途电路优劣势分析，单片机基础知识与经典示例代码，以及实物焊接调试、Proteus 仿真操作、仪器使用等实操内容；图形知识库由关键词与图片链接组成，支持智能体通过图片链接形式响应提出的问题。

4.3. 针对电路设计领域所做的优化

在电路设计领域，电路原理图作为核心设计载体，较纯文字描述更具直观性与可读性，能助力学习者快速理解电路拓扑结构、元件连接关系及信号流向。基于此领域特性，本智能体在知识库与交互功能层面做针对性优化：在图形知识库中建立关键词与图片链接的对应关系，将电路设计相关原理图以图片链接关联存储；当用户提问涉及电路结构、连接逻辑时，智能体将原理图链接直接呈现于交互界面，点击链接即可查看，辅助电路设计者直观理解设计原理，改进后的效果如图 2 所示。



Figure 2. Improved question-answering effect diagram

图 2. 改进后提问回答效果图

5. AI 赋能电路设计

5.1. AI 协同下的核心器件选型

在“电路智导”AI 智能体的实时协同下，器件选型流程由传统人工比对元件说明书转变为“需求 - AI 建议 - 电路设计者确认”的轻量闭环。首先输入“驱动两路 7.4 V 直流电机、学习成本低”的精简需求，AI 即时给出 L298N、DRV8220DRLR、HM8833 等候选芯片；本设计基于 L298N 为经典双 H 桥拓扑，可同时驱动两路电机，且公开资料完备、入门门槛最低，故选定其作为驱动核心。随后，借助 AI 对 L298N 进行引脚功能解析，本设计为确保芯片逻辑电源的稳定，再输入“5 V 稳压器，结构简单，性能好”，AI 给出电阻分压、LM7805 线性稳压器、开关电源 SMPS 三类方案；本设计权衡纹波抑制、温漂指标及补偿网络复杂度，最终采用 LM7805 构成逻辑供电单元，可为电路提供低噪声 5 V 电源。在控制层面，输入“学习难度低、可产生 PWM 波与方向信号、可扩展性好”，AI 从学习曲线与社区资源双维度推荐 STM32F103、Arduino、树莓派 Pico 等平台；本设计依托已有技术储备，选用 STM32F103 单片机，进一步压缩开发周期。全流程如图 3 所示。

👤 用户_Smdgvt
驱动两路7.4V直流电机、学习成本低的芯片

🔍 电路智导

你的需求很明确，“驱动两路7.4V直流电机”是核心功能需求，“学习成本低”是关键约束条件。结合这两点，我会先给你梳理几个适配的芯片选项，再重点推荐最适合学习场景的方案。

首先，能满足“两路7.4V直流电机驱动”的芯片有不少，比如L298N、DRV8220DRLR、HM8833这三款都具备基础驱动能力，但它们在学习成本、使用难度、外围电路复杂度上差异很大，我们可以先通过一个简单的对比明确各自特点：

芯片型号	驱动路数	适配电压范围	学习成本核心差异	适合场景
L298N	两路	5V-46V	资料极多、模块便宜（10元内）、接线直观	学生入门、低成本实验项目
DRV8220DRLR	两路	2.5V-18V	芯片需贴片焊接、资料以英文为主	小型化、量产级设计
HM8833	两路	2.5V-18V	资料较少、模块价格适中	中等成本项目

推荐型号：

Figure 3. AI-empowered core component selection diagram

图 3. AI 赋能核心器件选型图

5.2. AI 协同下硬件模块设计

依托“电路智导”AI智能体，硬件设计流程摆脱寻找书籍范例之繁，转入“需求 - AI 搭建电路 - 学生仿真拍板”的极简循环。

5.2.1. 电路优化

当电路设计者向AI提出“L298N如何驱动7.4V直流电机”时，AI即刻返回一个L298N模块最多可以驱动两路电机，通过对逻辑输入端高电平以及低电平的切换便可实现对直流电机正转、反转以及制动的控制[7]，若IN1置高、IN2置低且ENA使能，则左上、右下功率管导通，电流沿VCC→OUT1→电机→OUT2→GND正向流动，电机正转；若IN1置低、IN2置高且ENA使能，则左下、右上管导通，电流反向，电机反转；若IN1、IN2同态或ENA不使能，OUT1、OUT2输出状态相同，电机惯性滑行；若输入PWM，H桥按占空比断续导通，电机端平均电压线性跟随占空比，实现无级调速。据此原理，本设计仅需以7.4V电池供给功率电源，并以5V稳压器供给逻辑电源与ENA，即可构成最小直流电机驱动单元。随后，电路设计者继续询问“如何用LM7805构建5V稳压电路”，AI即刻返回5V稳压电路完整接法与原理阐释，如图4所示。

最终，本设计在Proteus中按AI所述电路搭建仿真模型，实测换向、制动、PWM调速各工况与AI描述一致，验证了AI生成电路的正确性，仿真电路如图5。

5.2.2. 电路优化

当电路设计者向AI提交初版电路：L298N功率电源端接入7.4V电池，逻辑电源与使能端由L7805稳压所得5V供电，电流检测引脚直接接地，OUT1、OUT2端与直流电机直接相连，同时询问该电路如何优化，如图6所示。AI即时指出，为强化驱动级安全性与输出精度，可在每一路输出端增置稳压二极管：其一，依托稳压管伏安特性，对高频纹波实施就地吸收，平滑OUT端电压，降低电机端瞬时压降；其二，当电机急停或快速换向诱发反向感应尖峰时，稳压管能将OUT端对电源、对地的瞬态高压钳位至安全阈值，并将尖峰能量就近泄放回VCC，既“削平”过冲，又避免高压击穿芯片，实现过压保护与输

出精度的同步提升。初版电路增添该保护网络后的优化驱动电路如图 7 所示。

5.3. AI 协同下软件模块设计

“电路智导”AI 智能体可以辅助电路设计者进行代码的补全和错误检测[8]，把软件模块开发从“手写每行代码、反复调参”的旧模式，升级为“需求 - AI 秒出代码框架 - 电路设计者验证、代码微调”的敏捷小循环。

用户_Smdgvt

如何利用LM7805设计稳压电路

电路智导 AI

LM7805 的典型应用只需 3 个关键元件，电路结构如下：

1. 输出滤波电容：

- 作用：滤除输出电压中的高频噪声，稳定 LM7805 的输出电压。
- 选型：推荐 220 μ F 电解电容，并联一个 220 μ F 陶瓷电容（滤除高频干扰），靠近 LM7805 的输出端（Vout 引脚）焊接。

2. LM7805 稳压器：

- 引脚定义（正视引脚朝下，从左到右）：
 - 1 脚：Vin（输入电压，需比输出电压高 2-3V 以上，即最小输入 7V，最大推荐 20V）；
 - 2 脚：GND（接地）；
 - 3 脚：Vout（输出 5V 稳定电压）。

3. 输出滤波电容（Cout）：

- 作用：滤除输出电压的纹波，改善负载瞬态响应（如负载电流突然变化时保持电压稳定）。

LM7805 作为三端固定式线性稳压器，其核心原理是通过串联调整管的自动电压调节，抵消输入电压波动和负载变化的影响，最终输出稳定的 5V 直流电压。整个过程可拆解为 电压采样 - 误差比较 - 调整管控制 三个核心环节，具体原理如下：

1. 核心内部结构（理解原理的关键）

LM7805 内部集成了四大核心模块，无需外部额外电路即可实现稳压，结构简化如下：

Figure 4. AI-assisted LM7805 design scheme

图 4. AI 辅助设计 LM7805 方案

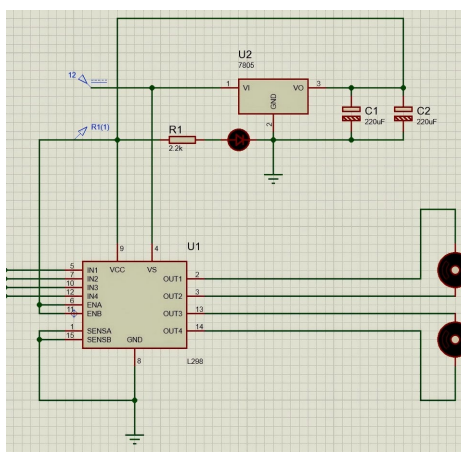


Figure 5. Initial simulation circuit

图 5. 初版仿真电路

用户_Smdgvt

我的初版 L298 电机驱动电路设计如下：功率电源端连接 7.4V 电源，逻辑电源和使能端连接由 L7805 构成的 5V 稳压电源，电流监测引脚直接接地，输出端直接连接电机。请问这个电路在性能、安全性等方面还有哪些可以优化的地方？

电路智导 AI

从提升电路安全性、输出稳定性及保护核心器件的角度出发，该 L298 驱动电路可重点针对输出端防护与电压精度进行优化，核心优化方案为在驱动电路的每一路输出端（即 OUT 端与电机的连接线路间）增设背靠背稳压二极管，具体优化价值与原理如下：

1. 优化输出电压精度，降低纹波干扰。

L298 工作时，功率电源（7.4V）可能因负载（电机）电流波动产生电压纹波，直接输出给电机会导致电机转速不稳定。增设的稳压二极管可利用其固有稳压特性，对输出电压进行平滑过滤，有效抑制电压纹波，降低输出电压的波动幅度，让电机获得更稳定的驱动电压，间接提升电机运行的平顺性。

2. 抑制反向感应尖峰，保护 L298 芯片与电机

电机属于感性负载，在急停、换向或断电瞬间，线圈会因电流突变产生反向感应高压尖峰（电压值可能远超 7.4V 额定电压）。若直接作用于 L298 的 OUT 端，可能击穿芯片内部功率管，或对电机线圈绝缘层造成伤害。

背靠背稳压管（两组稳压管反向串联）可快速响应这种瞬态高压：当尖峰电压高于稳压管阈值时，稳压管迅速导通，将 OUT 端对电源、对地的电压钳位在安全范围（如略高于 7.4V），同时将尖峰能量通过导通回路泄放回电源或地线，从根本上避免高压对 L298 和电机的损害，实现过压保护 + 输出稳定的双重提升。

Figure 6. Circuit optimization under AI assistance

图 6. AI 辅助下的电路优化

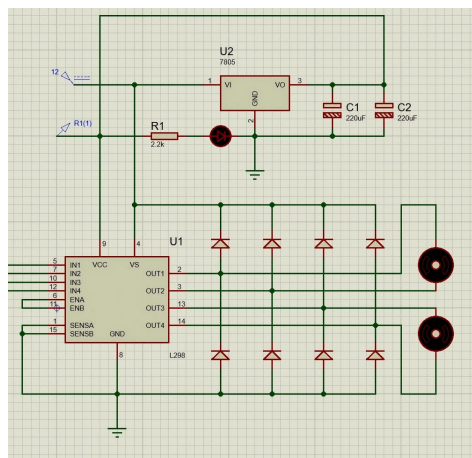


Figure 7. Drive circuit with added protection circuit

图 7. 加入保护电路后的驱动电路

5.3.1. 代码设计

电路设计者向 AI 提出需求：“STM32 如何输出控制信号，使电机正反转并可调速”。AI 提供思路，将 L298N 两路输入端分别定义为调速端与方向端；调速端输入 PWM 波以调节占空比，方向端输入高低电平以切换转向。据此，本设计选定 STM32 的 PA4、PB7 作为方向信号引脚，PB8、PB9 作为速度信号引脚。随后，AI 依据上述策略，在 Keil uVision5 环境下以软件模拟的方式生成双路 PWM：通过 0~99 计



Figure 8. AI-empowered code design
图 8. AI 赋能代码设计



Figure 9. AI-empowered code optimization
图 9. AI 赋能代码优化

计数器与预设变量 `pwmPB9_M1`、`pwmPB8_M2` 逐周期比较, 即时翻转对应 GPIO, 形成两路 10 kHz、0%~100%、步进 1% 的精准调速波形; 方向控制信号则由另一组 GPIO 在同一中断节拍内直接置位或清零, 确保换向响应无滞后。AI 生成的代码如图 8 所示。在 AI 所供源码框架之上, 电路设计者进一步自主封装并扩展出双电机前进、后退、左转、右转的完整运动控制函数。

5.3.2. 代码优化

在 Proteus 中对 STM32 模型进行仿真时, 观察到电机 A 与电机 B 在启停瞬态呈现显著不同步。随后将完整源码提交 AI 进行分析, AI 定位根本原因: PWM 节拍逻辑被嵌套于各电机驱动函数内部, 致使双路占空比更新时刻随函数调用顺序天然错位, 如图 9 所示。针对该隐患, 本设计实施架构重构——将节拍产生机制彻底抽离, 由主循环以固定周期统一刷新两路 PWM 占空比, 底层驱动仅完成“置方向、写占空比”两项操作并立即返回, 消除任何额外延迟。该重构使电机 A 与电机 B 在启动、制动、换向全过程中实现零时滞同步, 显著提高了双电机的同步精度。

5.4. 电路集成

将已完成的软件模块和硬件模块在 Proteus 中按图 10 的开环控制系统进行电路连接与整合, 构建出完整的控制系统; 随后通过对电路整体的分析, 既验证了电路的可行性, 也进一步加深了对系统工作原理的理解。

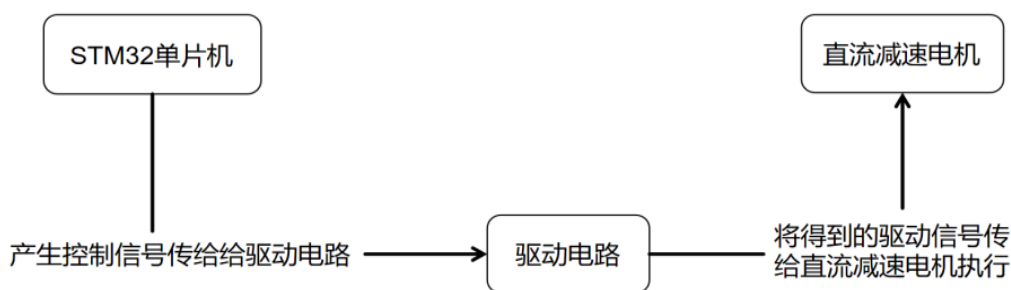


Figure 10. Circuit design process
图 10. 电路设计流程

6. 实验与 AI 分析

6.1. 仿真验证与 AI 诊断

Proteus 实验仿真阶段, 监测到电机未按既定序列——前进 10 s、后退 10 s、左转 10 s、右转 10 s、停止 10 s——循序执行。遂将电机控制函数完整递交 AI 进行分析, AI 判定根本原因是执行电机前进函数时, PWM 占空比设定值过高, 致使有效电平窗口被压缩, 控制信号持续处于高电平, 电机因而失步。AI 随即给出两种整改策略: 其一, 调整 PWM 占空比; 其二, 互换控制信号与 PWM 波的引脚映射, 如图 11。电路设计者通过对前进、左转、右转三类函数实施改动量评估, 确认第一种方案无需调整引脚及外部硬件, 代码变更最小, 遂采纳该方案。修正后再次仿真, 观测到图 12 所示波形, 电机严格依照预设时序运行。

6.2. 实验验证

将 STM32 单片机、L298N 和电机用导线连接成一个完整的系统, 随后将程序烧录, 接入电源进行测试, 完成正转, 反转, 左转, 右转的功能, 如图 13 所示。



Figure 11. AI-Based diagnosis of code errors
图 11. AI 诊断代码错误

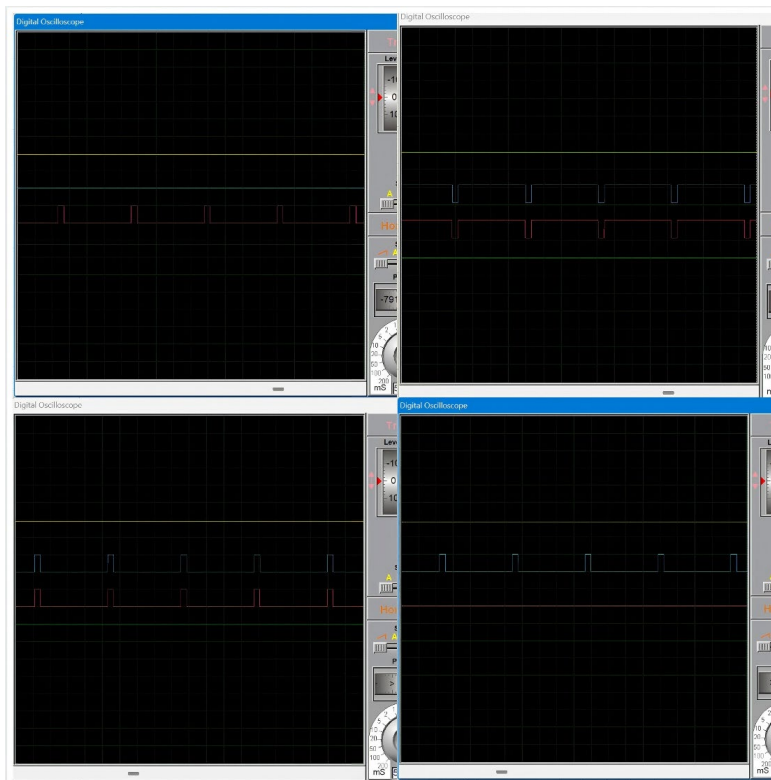


Figure 12. Output waveforms of a motor under different motion conditions
图 12. 电机不同运动情况下输出波形

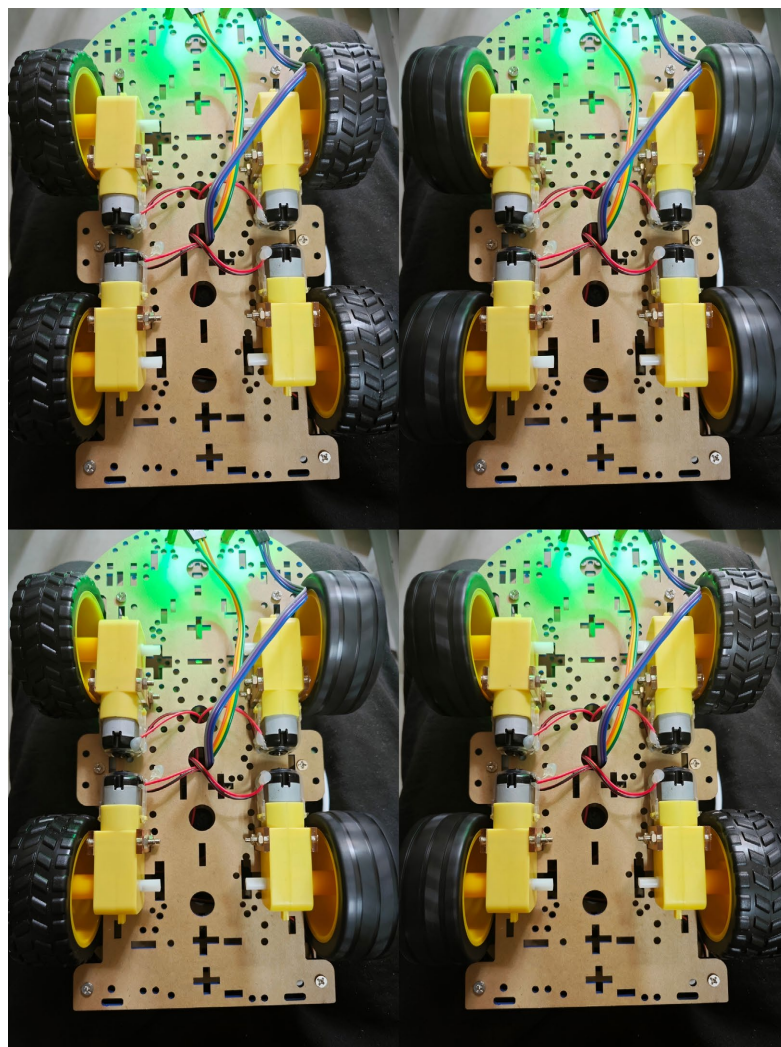


Figure 13. Experimental results
图 13. 实验结果

7. 结论

本研究在 AI 智能体的协助下成功设计并实现了一套基于嵌入式系统电路的直流减速电机驱动系统，实验证明该方案在控制精度、同步性与扩展能力上均表现出优势。相比传统模拟驱动，系统通过开环控制将速度波动压制在极小范围；独特的节拍剥离与统一刷新机制使两台电机启停完全同步，响应速度大幅加快。连续运行测试中，能够流畅完成前进、后退、转向、制动等多种动作。AI 智能体在实验设计的运用，使得电路设计者不再孤立地面对直流减速电机驱动这一复杂任务，而是与 AI 伙伴形成持续对话的闭环，有助于拓展设计思路，不断优化电路设计，有效提升了电路设计者的实践操作与问题解决能力；不仅将电路分析的理论知识应用于实际情境中，还有效提升了电路设计者调试和故障排除能力[9]，最终成功实现直流减速电机的高效驱动。

基金项目

校级 + 宁夏大学大学生创新创业项目(项目编号: 202510749293)。

参考文献

- [1] 季付涛. 数字孪生技术在高职机电类课程教学中的应用研究[J]. 家电维修, 2025(7): 61-63.
- [2] 张泊明, 李富强, 杨卉. AI 赋能直流稳压电源设计实验教学探究[J]. 教育信息化论坛, 2025(7): 25-27.
- [3] 卢明羽, 刘万松. 生成式人工智能在电子技术基础课堂教学中的应用初探[J]. 科技视界, 2025, 15(21): 93-96.
- [4] 夏李佳, 彭永昱. 以数字电路为例的 AI 教学助理[J]. 中国科技信息, 2024(3): 77-79.
- [5] 欧阳璐. 编辑出版中人工智能的应用与前景展望分析[J]. 传媒论坛, 2025(15): 106-108.
- [6] 杨勇. 生成式人工智能对研发密集型产业创新效率与研发投入的影响分析[J]. 深圳特区科技, 2025(3): 112-114.
- [7] 吴凯. 大型反射面天线中的三自由度并联跟踪机构研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2024.
- [8] 王晓光, 孔维玲, 王昌平. AI 技术辅助教师优化编程教学的应用实践[J]. 中小学信息技术教育, 2025(8): 67-68.
- [9] 马川, 王鹏睿, 蔺金元, 王学忠, 李春树. 基于项目式实验的机械臂同步控制电路研究[J]. 人工智能与机器人研究, 2025, 14(1): 14-22.