



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业设计

微型移动式太阳能无线充电桩的设计

Design of Micro Mobile Solar Wireless Charging Station

学 院 智能制造学院
专 业 自动化
班 级 21 自动化（专升本）2 班
学 号 21404060223
姓 名 张振泽
指导教师 韩金玉
职 称 副教授
完成时间 2023 年 06 月 02 日

天津中德应用技术大学

本科生毕业设计

微型移动式太阳能无线充电桩的设计

Design of Micro Mobile Solar Wireless Charging station

学 院 智能制造学院
专 业 自动化
班 级 21 自动化（专升本）2 班
学 号 21404060223
姓 名 张振泽
指导教师 韩金玉
职 称 副教授
完成时间 2023 年 06 月 02 日

天津中德应用技术大学

本科生毕业设计（论文）选题申报表

| | | | | | |
|------------|---|------|-------|------|-----|
| 学 院 | 智能制造学院 | | 申 报 人 | 姓 名 | 韩金玉 |
| 专 业 | 自动化 | | | 技术职务 | 副教授 |
| 题目名称 | 微型移动式太阳能无线充电桩的设计 | | | | |
| 题目类型 | 自拟 | 题目来源 | 科研课题 | | |
| 课题来源、背景及意义 | <p>随着电动汽车逐步普及，广大车主对充电桩的需求日趋迫切，但现有的基础电力设施在容量很难满足承载过多的充电桩，导致电动汽车的普及变得困难。因此为了改变这一现状，本课题设计一款以“太阳能”、“移动式”、“可无线充电”为亮点的电动汽车充电桩。但碍于这种充电桩生产研发成本高昂不利于开展，本课题仅作模型研究，只保留相应功能和原理而在参数上进行了缩减。为今后以光伏发电为主要来源、移动方便、可无线充电的电动汽车充电桩的研发提供设计参考。</p> | | | | |
| 任务及要求 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 太阳能板的位置可以随太阳光自动调节，也可以手动调节。 2. 夜间黑暗环境下自动跟踪太阳功能关闭，执行机构复位回到设定位置后立即锁死，直到白天太阳充足后系统解锁。 3. 太阳能板复位位置可以人为设定。 4. 为避免工作环境中可能出现的极端光线干扰，当太阳能板任意运动角度超过 90° 时，都将进行限位保护，确保本设备不被损坏。 5. 太阳能板输出的电能可以充进 12V 电池组里完成电能的储存，以便随时使用 6. 支持有线充电（12V5A 快充）和无线充电（5V1A 慢充）两种充电模式。 | | | | |
| 工作条件 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 实验室一间。 2. 示波器，万用表，焊接装配工具及耗材。 3. 移动式太阳能无线充电桩全部制作材料。 4. 电脑一台，IST 全套开发板及下载线一套。 | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>知识与能力要求</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 熟练掌握硬件电路（含模拟电路和数字电路）的设计，开发，应用，调试，以及后期排故及维修能力。 2. 熟练掌握 C 语言及单片机编程，以及编程软件和下载器的使用，具有一定的程序调试能力。 3. 熟练掌握 PCB 印刷电路板的设计，以及制图软件的使用，具备一定的布局布线以及电磁兼容经验。 4. 熟练使用各类电子测量仪器，如示波器，万用表。 5. 具备精湛的电子产品设计及装配工艺。 6. 可以熟练运用手电钻，锉刀，手锯等机加工具。 |
| <p>系（教研室）审查意见： 同意</p> <p style="text-align: right;">负责人(签名)： <u>李云龙</u> 2022 年 09 月 23 日</p> | |



天津中德应用技术大学

Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

毕业设计（论文）任务书

题 目： 微型移动式太阳能无线充电
桩的设计

学 院： 智能制造学院

专 业： 自动化（专升本）

学生姓名： 张振泽

学 号： 21404060223

起止日期： 2022年10月24日~2023年06月02日

指导教师： 韩金玉

任务书下达日期：2022年10月21日

任务书填写要求

1. 毕业设计（论文）任务书由指导教师根据各课题的具体情况填写，经专业负责人审查签字后生效。此任务书应在毕业设计（论文）开始前一周内填好并发给学生；
2. 任务书内填写的内容，必须和学生毕业设计（论文）完成的情况相一致；
3. 任务书内有关“学院”、“专业”等名称的填写，应写中文全称，不能写数字代码。学生的“学号”要写全号（如：16014010101）；
4. 有关年月日等日期的填写，应当按照国标 GB/T 7408—94《数据元和交换格式、信息交换、日期和时间表示法》规定的要求，一律用阿拉伯数字书写。如“2004 年 3 月 21 日”或“2004-03-21”。
5. 本毕业设计（论文）课题成果的要求，内容要具体化和数量化。如“毕业设计（论文）一套；A0 号装配图纸 1 张；A2 号电气控制原理图纸 2 张；实物样机 1 台；产品 2 件”等。

毕 业 设 计（论 文）任 务 书

1. 毕业设计（论文）课题背景及意义

随着电动汽车逐步普及，广大车主对充电桩的需求日趋迫切，但现有的基础电力设施在容量很难满足承载过多的充电桩，导致电动汽车的普及变得困难。因此为了改变这一现状，本课题设计一款以“太阳能”、“移动式”、“可无线充电”为亮点的电动汽车充电桩。

关于太阳能无线充电桩的研究，早在 2018 年美国的特斯拉电动汽车公司已提出过相关概念，其大致外观类似于一个门框，电动汽车停稳后自动展开太阳能板为其进行充电，但这种设计为固定式，不可随意移动，而广大车主急需一款随停随用的移动式太阳能无线充电桩，方便在不用车时利用太阳能为其充电，而这一设计理念的充电桩目前在全球范围内尚未开展研究。但它将会成为电动汽车充电桩的发展方向之一。

但碍于这种充电桩生产研发成本高昂不利于开展，本课题仅作模型研究，只保留相应功能和原理而在参数上进行了缩减。为今后以光伏发电为主要来源、移动方便、可无线充电的电动汽车充电桩的研发提供设计参考。

2. 毕业设计（论文）课题任务的内容和要求

第一部分：太阳能自动追光功能

任务要求：

1. 能够自动控制执行机构实时捕捉到太阳光；
2. 能够实现执行机构的手动控制；
3. 能够实现执行机构在夜间的自动复位，复位信息可随时自行设定。

第二部分：太阳能充电系统

任务要求：

1. 能够通过 buck 变换器的方式实现太阳能电池板输出电压的稳定；
2. 能够通过恒压恒流的方式为整套系统的锂电池组充电。

第三部分：无线充电系统

1. 能够将锂电池组输出转化成能量波并为实验小车实现 5V1A 的无线充电。

第四部分：根据设计结果撰写毕业设计

毕 业 设 计（论 文）任 务 书

3. 毕业设计（论文）课题成果（包括毕业设计论文、图表、实物样品等）：

- (1) 毕业设计一套
- (2) 控制程序
- (3) 电路原理图
- (4) PCB 设计图
- (5) 元件清单
- (6) 使用说明书
- (7) 微型移动式太阳能无线充电桩试制样机

4. 推荐参考资料：

- [1] 王琨,余志民等. 智能建筑中太阳能板智能追光系统研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2022, 35(02): 14-21.
- [2] 王华杰,张霁宇. 基于智能云台的太阳能光伏发电系统的设计[J]. 电子测试,2021(09): 39-40.
- [3] 刘文正,戴文来等. 一种双轴式自追踪光伏太阳能支撑装置的设计[J]. 机械工程师, 2019(10): 79-81.
- [4] 王敏. 家用风力发电机在智能家庭的应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2019.
- [5] 杨阳. 基于改进SMC方法的移动式太阳能板双轴跟踪系统研究与设计[D]. 黑龙江: 东北大学, 2019.
- [6] 刘永昊,蒋华锋. 基于ArduinoUno的阳台太阳能角度自动调节系统[J]. 电子制作, 2018(19): 25-27+24.
- [7] 杨帜,张铭显等. 太阳能自动追光系统的节能技术研究[J]. 中国新技术新产品,2018(15): 1-3.
- [8] 赵旭东. 太阳能自动跟随系统设计[J]. 科学技术创新, 2017(20): 109-110.
- [9] 耿晓强,唐向红等. 基于光敏电阻阵列的太阳自动跟踪系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17(02):31-34.
- [10] 石平安,冯大元等. 太阳能电动三轮车追日系统设计[J]. 机电一体化, 2015, 21(11):55-57.
- [11] Bandara T.G. Thusitha Asela, Viera J.C., González M. The next generation of fast

charging methods for Lithium-ion batteries: The natural current-absorption methods[J]
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022, 162

[12] Liu Jiayan, Lin Gang, Rehtanz Christian et al. Data-driven intelligent EV charging
operating with limited chargers considering the charging demand forecasting[J]
International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2022, 141

所在专业审查意见:

同意

负责人: 李云龙

2022年10月24日



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业设计（论文）开题报告

题 目： 微型移动式太阳能无线
电桩的设计

学 院： 智能制造学院

专 业： 自动化（专升本）

学生姓名： 张振泽

学 号： 21404060223

起止日期： 2022年10月24日~2023年06月02日

指导教师： 韩金玉

开题日期： 2022年11月18日

一、 开题报告内容（课题的目的意义、与本课题有关的国内外研究（应用）情况及发展趋势、课题主要研究内容、参考文献等）

1. 课题目的意义及国内外研究现状与发展趋势

随着电动汽车逐步普及，广大车主对充电桩的需求日趋迫切，但现有的基础电力设施在容量很难满足承载过多的充电桩，导致电动汽车的普及变得困难。因此为了改变这一现状，本课题设计一款以“太阳能”、“移动式”、“可无线充电”为亮点的电动汽车充电桩。

关于太阳能无线充电桩的研究，早在 2018 年美国的特斯拉电动汽车公司已提出过相关概念，其大致外观类似于一个门框，电动汽车停稳后自动展开太阳能板为其进行充电，但这种设计为固定式，不可随意移动，而广大车主急需一款随停随用的移动式太阳能无线充电桩，方便在不用车时利用太阳能为其充电，而这一设计理念的充电桩目前在全球范围内尚未开展研究。但它将会成为电动汽车充电桩的发展方向之一。

本课题所介绍的微型移动式太阳能无线充电桩拆装十分简单，可以很方便的安装在车顶上，并在电动汽车熄火停好后自动展开太阳能板为电动汽车进行充电，如果周边还有其他需要充电的车辆还可以通过有线和（或）无线充电的方式为其他车辆充电，并在车辆运行期间为确保行车安全自动收起太阳能板停止充电。

但碍于这种充电桩生产研发成本高昂不利于开展，本课题仅作模型研究，只保留相应功能和原理而在参数上进行了缩减。为今后以光伏发电为主要来源、移动方便、可无线充电的电动汽车充电桩的研发提供设计参考。

2. 课题主要研究内容

本文研究内容主要由太阳能自动追光系统、锂电池充电管理器，无线充电系统和一个用于模拟终端设备的电动小车模型构成，系统总体结构框图如图 1-1 所示。



图 1-1 系统总体结构框图

（1）太阳能自动追光系统和锂电池充电管理器

太阳能电池板接收太阳辐射强度的大小成为制约其光电转换效率的主要因素之一。太阳能自动追光系统负责实时捕捉太阳光照的强度并根据光照强度控制太阳能发电板的空间位置，使发电效率达到最优，同时也将太阳能发电板转换出的电能经过锂电池充电管理器储存到锂电池中，它由硬件控制电路，软件控制程序和机械结构共同组成，硬件电路以模

拟控制为主负责整体控制，涵盖了模拟信号的采集，处理和转换，双路 PWM 电机驱动器。又增加了 STC8 单片机用于必要的限位保护及完成夜间执行机构的复位功能，模式切换功能。软件控制以记录和存储两路电机尾部霍尔编码器的数据为主，一旦光敏传感器检测到周围环境变暗不足以维持发电，就自动控制硬件电路将执行机构进行复位，其机械部分如图 1-2 所示，在太阳能转动方式上采用了双轴驱动。

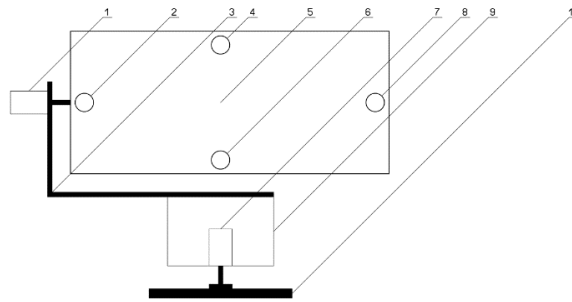


图 1-2 太阳能自动追光机械部分

1. 俯仰电机 2. 水平方向光敏传感器 1 3. 俯仰电机支架 4. 俯仰方向光敏传感器 1 5. 太阳能发电板 6. 俯仰方向光敏传感器 2 7. 水平电机 8. 水平方向光敏传感器 2 9. 控制器外壳 10. 固定法兰盘

(2) 无线充电系统

无线充电系统由锂电池、有线/无线转换开关和无线充电发射端构成，它用于将锂电池中的电量通过有线或无线的方式输送给终端设备。

(3) 终端设备

终端设备为一个包括无线充电接收端的电动小车，用于模拟实际的电动汽车。

3. 参考文献：

- [1] 王琨, 余志民等. 智能建筑中太阳能板智能追光系统研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2022, 35(02):14-21.
- [2] 刘文正, 戴文来等. 一种双轴式自追踪光伏太阳能支撑装置的设计[J]. 机械工程师, 2019(10):79-81.
- [3] 杨帆, 张铭显等. 太阳能自动追光系统的节能技术研究[J]. 中国新技术产, 2018(15):1-3.
- [4] 杨阳. 基于改进 SMC 方法的移动式太阳能板双轴跟踪系统研究与设计[D]. 辽宁: 东北大学, 2019.
- [5] 耿晓强, 唐向红等. 基于光敏电阻阵列的太阳自动跟踪系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17(02):31-34.

[6] 王华杰,张霁宇. 基于智能云台的太阳能光伏发电系统的设计[J]. 电子测试, 2021(09):39-40.

[7] Parul Gaur, Yajvender Pal Verma, et al. Harmonic Elimination of a PV Based Cascaded H-bridge Seven Level Inverter for Induction Motor Drive[J]. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume 9, Issue 3. 2020. 668-676.

[8] 彭旺,李辉等. 基于太阳能自动追光发电的空气制水装置[J]. 仪表技术, 2022, No. 391(05):36-39.

[9] 曹兴,刘宇飞等. 青岛地区屋顶太阳能板最佳安装角度分析[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版), 2020, 41(01):87-90.

[10] 金旭,林臻智等. 基于地平坐标系的太阳能追日系统高度角一方位角双轴跟踪系统的应用研究[J]. 中州煤炭, 2021, 043(007):275-281.

[11] 刘永昊,蒋华锋. 基于 ArduinoUno 的阳台太阳能角度自动调节系统[J]. 电子制作, 2018(19):25-27+24.

[12] 王敏. 家用风力发电机在智能家庭的应用研究[D]. 江苏. 东南大学, 2019.

[13] Irshad Ahmad Shah, Ludin Gul Ahmad, et al. Optimization of grid-photovoltaic and battery hybrid system with most technically efficient PV technology after the performance analysis. [J] Renewable Energy. Volume 207, Issue. 2023. 714-730

二、进度及预期结果

| 起止日期 | 主要内容 | 预期结果 |
|-------------------------|--|-----------------|
| 2022年10月15日至2022年11月15日 | 查阅文献及相关资料,完成太阳能跟踪系统的电路原理图。 | 完成电路设计,仿真验证正确性。 |
| 2022年11月16日至2022年12月16日 | 根据电路原理图绘制PCB并购买相应元器件,焊接电路板并加工外壳,完成太阳能跟踪系统的设计与制作。 | 系统调制,实现预期功能。 |
| 2022年12月17日至2023年1月16日 | 开展锂电池充电模块和无线充电模块的设计与制作工作,首先根 | 完成电路设计,仿真验证正确性。 |

| | | |
|--|---|--|
| <p>2022年1月17日至2023年2月16日</p> <p>2022年3月17日至2023年3月16日</p> <p>2022年3月18日至2023年4月17日</p> <p>2022年4月18日至2023年6月2日</p> | <p>据以下需求设计锂电池充电模块和无线充电模块的电路原理图。</p> <p>根据电路原理图绘制PCB并购买相应元器件，焊接电路板并加工外壳，完成完成锂电池充电模块和无线充电模块的设计与制作。</p> <p>将调试好的各部分电路组装到一起并检查有无故障并进行进一步调试，完成设备整体的组装和调试。</p> <p>完成单片机程序设计，实现模式切换、限位保护等功能。</p> <p>系统整体调试运行，撰写毕业设计。</p> | <p>完成锂电池充电、无线充电模块的装配，实现预期效果</p> <p>锂电池充电模块工作正常，效率可达95%</p> <p>完成单片机控制功能</p> <p>系统整体调试运行成功，撰写的毕业设计达到要求。</p> |
| <p>完成课题的现有条件</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 实验室一间。 2. 示波器，万用表，焊接装配工具及耗材。 3. 移动式太阳能无线充电桩全部制作材料。 4. 电脑一台，IST全套开发板及下载线一套。 | |
| <p>指导教师 意见</p> | <p>同意开题</p> <p>指导教师： <u>韩金玉</u> <u>2022</u>年<u>11</u>月<u>18</u>日</p> | |
| <p>开题答辩 小组意见</p> | <p>同意开题</p> <p>组 长： <u>王莉</u> <u>2022</u>年<u>11</u>月<u>18</u>日</p> | |

天津中德应用技术大学
本科生毕业设计（论文）的声明

本人郑重声明：所提交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：

2023年5月26日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名：

2023年5月26日

摘 要

随着电动汽车的逐步普及，广大车主对电动汽车充电桩的需求日趋迫切，但现有的电动汽车充电桩大多为固定安装，且在数量上很难满足广大车主的需要，部分居民选择独自安装充电桩，但在一些老旧小区，存在私自铺设充电线路出现邻里纠纷，遇到基础电力设施功率低，还会面临用电安全问题。因此即便电动汽车具有清洁环保，提速快，出行成本低等优势，如何快捷充电仍然使困扰人们使用电动汽车的一大难题。

针对以上问题，本课题设计一款以“微型”、“移动式”、“太阳能自动追光”、“无线充电”为亮点的电动汽车的充电装置，安装在车顶上，与现有的固定式电动汽车充电桩配合使用，提高电动汽车电池的实用时长。

本文研究内容主要包括通过对当前电动汽车充电状况分析，确定研究内容，并进行方案论证，确定整体方案设计。自行研发了系统整套的硬件电路，主要包括太阳能自动追光系统电路、单片机控制电路、充电电路（有线和无线）。软件程序设计主要包括单片机数据存储、模式切换、复位、限位保护等功能。通过实物测试，完成实验数据分析，本课题研制的太阳能追光系统，使用相同材质、相同面积太阳板材质下，太阳能在水平方向和俯仰方向分别能保持 22%、24%的转化率，为新能源汽车行业无线充电提供发展思路，并为后续无线充电领域的发展提供设计参考。

关键词：太阳能自动追光；单片机控制；电路设计；无线充电

ABSTRACT

With the gradual popularization of electric vehicles, the majority of car owners on the demand for electric vehicle charging piles is becoming more and more urgent, but most of the existing electric vehicle charging piles are fixed installation, and it is difficult to meet the needs of the majority of owners in terms of quantity, some residents choose to install charging piles alone, but in some old communities, there are neighborhood disputes in privately laying charging lines, encountering low power facilities and facing electricity safety problems. Therefore, even if electric vehicles have the advantages of clean and environmentally friendly, fast speed, and low travel costs, how to quickly charge still makes people use electric vehicles a major problem.

In view of the above problems, this project designs a charging device for electric vehicles with "micro", "mobile", "solar automatic chasing" and "wireless charging" as the highlights, which is installed on the roof and used in conjunction with the existing fixed electric vehicle charging pile to improve the practical time of the electric vehicle battery.

The research content of this paper mainly includes the analysis of the current charging status of electric vehicles, determining the research content, and conducting scheme demonstration to determine the overall scheme design. We have developed a complete set of hardware circuits for the system, mainly including solar automatic chasing system circuits, single-chip microcomputer control circuits, and charging circuits (wired and wireless). The software program design mainly includes single-chip microcomputer data storage, mode switching, reset, limit protection and other functions. Through the physical test, the experimental data analysis is completed, and the solar chasing system developed in this project can maintain a conversion rate of 22% and 24% in the horizontal direction and pitch direction under the same material and the same area of solar panel material, respectively, which provides development ideas for wireless charging in the new energy automobile industry and provides design reference for the subsequent development of wireless charging.

Key Words: Solar energy automatic chasing light; MCU control; Circuit design; Wireless charging

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景及意义..... | 1 |
| 1.2 研究思路..... | 1 |
| 1.3 研究内容..... | 2 |
| 1.3.1 方案一..... | 2 |
| 1.3.2 方案二..... | 2 |
| 1.3.2 方案论证..... | 2 |
| 1.4 研究内容..... | 3 |
| 第 2 章 系统硬件电路设计 | 5 |
| 2.1 系统整体硬件电路设计..... | 5 |
| 2.2 太阳能自动追光系统电路..... | 5 |
| 2.2.1 太阳能自动追光系统电路控制原理..... | 6 |
| 2.2.2 信号采集与处理电路..... | 6 |
| 2.2.3 PWM 调制信号..... | 7 |
| 2.2.4 H 桥驱动电路..... | 8 |
| 2.2.5 PWM 调制+H 桥驱动电路原理..... | 9 |
| 2.3 单片机控制电路..... | 10 |
| 2.4 锂电池恒压恒流充电管理电路..... | 13 |
| 2.5 无线恒压恒流充电及泊车检测电路..... | 14 |
| 2.6 本章小结..... | 17 |
| 第 3 章 软件设计 | 18 |
| 3.1 主程序设计..... | 18 |
| 3.1.1 关于数据存储..... | 18 |
| 3.1.2 关于模式切换..... | 18 |
| 3.1.3 关于限位保护..... | 19 |
| 3.1.4 关于复位程序..... | 20 |
| 3.2 本章小结..... | 20 |
| 第 4 章 测试与结论 | 21 |
| 4.1 实验材料..... | 21 |
| 4.2 实验方法..... | 21 |
| 4.2.1 系统测试..... | 21 |

| | |
|------------------------|----|
| 4.2.2 无线充电系统性能验证 | 23 |
| 4.3 结论 | 25 |
| 4.4 本章小结 | 25 |
| 第5章 展望 | 26 |
| 参考文献 | 27 |
| 致 谢 | 28 |
| 附 录 | 29 |
| 附录 1 PCB 制作设计图 | |
| 附录 2 实物装配图 | |
| 附录 3 源程序 | |

第 1 章 绪论

1.1 研究背景及意义

随着电动汽车的逐步普及，广大车主对电动汽车充电桩的需求日趋迫切，但现有的电动汽车充电桩大多为固定安装，且在数量上很难满足广大车主，而私自铺设充电线路建立私人的电动汽车充电桩又面临报备繁琐，审批漫长，邻里纠纷等问题，遇到基础电力设施不能承受过多电动汽车充电桩时还会面临用电安全问题。因此即便电动汽车具有清洁环保，提速快，出行成本低等优势，但充电困难仍然是人们对于电动汽车的普遍印象，也导致电动汽车的普及变得困难。

本课题设计一款以“太阳能”、“移动式”、“可无线充电”为亮点的电动汽车充电桩装置在车顶上，与现有的固定式电动汽车充电桩配合使用，提供充电电池的使用时长。

本课题所介绍的微型移动式太阳能无线充电桩拆装十分简单，可以很方便的安装在车顶上，并在电动汽车熄火停好后自动展开太阳能板为电动汽车进行充电，如果周边还有其他需要充电的车辆还可以通过有线和（或）无线充电的方式为其他车辆充电，并在车辆运行期间为确保行车安全自动收起太阳能板停止充电。

但碍于这种充电桩生产研发成本高昂不利于开展，因此本课题仅作模型研究，只保留相应功能和原理而在参数上进行了缩减。为今后以光伏发电为主要来源、移动方便、可无线充电的电动汽车充电桩的研发提供设计参考。

1.2 研究思路

困扰广大电动汽车车主的核心问题就是充电困难，为解决这一问题最先需要做的就是让充电变得方便快捷，同时也要注意节能环保和使用灵活的问题，只有这样才能满足实际使用需求，然而这样的设计毕竟不能和固定式大功率汽车充电桩相媲美，因此本课题所介绍的微型移动式太阳能无线充电桩仍需与固定式大功率汽车充电桩配合使用，在一定程度上能够延续车辆的续航里程。

为了使得充电变得方便快捷首先要做的就是将充电桩进行小型化和可移动设计，缩小其重量和体积以达到可以装车使用和便于拆装的水平；为了尽可能节能环保，本充电桩的电能来源是一张可折叠式太阳能发电板，它可以在设备启动时自动展开并自动调整对准太阳，在设备停止运行后自动收起；为了提高其使用灵活性，本设备还自带另一根充电线和无线充电电路，如此一来就可以为周边其他需要充电的车辆进行有线充电和无线充电。

新能源电动汽车的普及是未来趋势，想必未来公路上的停车位必将铺设无线充电线圈实现电动汽车停靠时充电这一功能，本设备中的无线充电电路就可以实现这一功能，只

要检测到车辆停放好的信号，就立即启动无线充电电路对其进行无线充电。

本设计为微型移动式太阳能无线充电桩，研究思路为如图 1-1 所示：

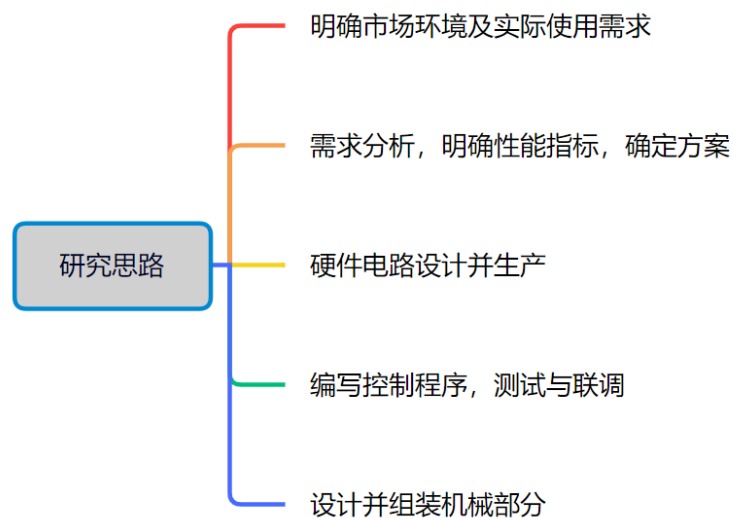


图 1-1 研究思路

1.3 研究内容

1.3.1 方案一

使用工业级光敏传感器配合西门子 PLC 控制器和伺服电机驱动器完成太阳能发电板的位置控制，并使用自研恒压恒流锂电池充电模块和恒压恒流无线充电模块实现整体功能。

1.3.2 方案二

选择 5516 光敏电阻作光照采集，使用自研模拟信号处理模块对模拟信号进行处理，再用自研模拟转 PWM 模块将模拟信号转化成 PWM 控制信号送到 H 桥驱动电路完成对电机的驱动，同时加上 STC8G1K08A 单片机进行相应的保护和控制并使用自研恒压恒流锂电池充电模块和恒压恒流无线充电模块实现整体功能。

1.3.2 方案论证

方案一采用市场现有控制模块，系统搭建较为容易，但是存在耗电量高，产品的体积大，造假成本高，从市场营销角度是不合算的。

方案二不仅能很好地完成相应功能，产品功耗成本和体积上也都有优势，并且涉及到的知识涵盖到自动化专业的过程控制原理，自动控制原理，电机拖动，功率电子线路等核心学科，体现学科技术交叉和综合运用能力；能够为后续高效性、智能化的无线充电设备

技术发展提供技术参考。以上综述，选择方案二作为本课题的设计方案。

1.4 研究内容

本文研究内容主要由太阳能自动追光系统、锂电池充电管理器，无线充电系统和一个用于模拟终端设备的电动小车模型构成，系统总体结构框图如图 1-2 所示^[1]。



图 1-2 系统总体结构框图

1. 太阳能自动追光系统和锂电池充电管理器

太阳能电池板接收太阳辐射强度的大小成为制约其光电转换效率的主要因素之一。太阳能自动追光系统负责实时捕捉太阳光照的强度并根据光照强度控制太阳能发电板的空间位置，使发电效率达到最优，同时也将太阳能发电板转换出的电能经过锂电池充电管理器储存到锂电池中，它由硬件控制电路，软件控制程序和机械结构共同组成，硬件电路以模拟控制为主负责整体控制，涵盖了模拟信号的采集，处理和转换，双路 PWM 电机驱动器。又增加了 STC8 单片机用于必要的限位保护及完成夜间执行机构的复位功能，模式切换功能。软件控制以记录和存储两路电机尾部霍尔编码器的数据为主，一旦光敏传感器检测到周围环境变暗不足以维持发电，就自动控制硬件电路将执行机构进行复位，其机械部分如图 1-3 所示^[2]，在太阳能转动方式上采用了双轴驱动^[3]。

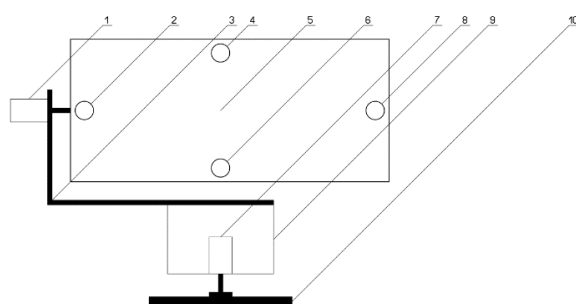


图 1-3 太阳能自动追光机械部分

1. 俯仰电机 2. 水平方向光敏传感器 1 3. 俯仰电机支架 4. 俯仰方向光敏传感器 1
5. 太阳能发电板 6. 俯仰方向光敏传感器 2 7. 水平电机 8. 水平方向光敏传感器 2
9. 控制器外壳 10. 固定法兰盘

2. 无线充电系统

无线充电系统由锂电池、有线/无线转换开关和无线充电发射端构成，它用于将锂电池中的电量通过有线或无线的方式输送给终端设备。

3. 终端设备

终端设备为一个包括无线充电接收端的电动小车，用于模拟实际的电动汽车。

全文主要包括系统硬件电路设计、制作及装配，软件程序设计，系统调试等内容；共 5 个章节具体内容如下：

第一章，主要介绍该课题的研究背景与意义，指出微型移动式无线充电桩的设计对新能源汽车行业发展的重要意义，通过市场调研、需求分析、方案论证，确定设计方案，介绍系统整体结构包括太阳能自动追光系统、锂电池充电管理器，无线充电系统和一个用于模拟终端设备的电动小车模型等三部分。

第二章，主要介绍硬件系统电路主要包括太阳能自动追光电路、锂电池充电电路、无线充电电路三部分组成，太阳能自动追光电路主要包括模拟信号控制电路和单片机控制电路，模拟信号控制电路包含了信号采集与处理电路、PWM 信号调制、H 桥驱动电路等内容，单片机电路主要通过 STC8 并配合施密特光照强度传感器，霍尔编码器，模式切换按键，位置信息存储按键，电机驱动器，继电器驱动器以及电磁制动控制电路构成一个数字闭环控制系统，进而完成本设备的夜间自动复位功能，限位保护功能，手动/自动模式切换功能。

第三章，主要包括数据存储模块、限位保护模块、自动复位模块、手动\自动模式切换四部分内容。

第四章，主要内容包括测试和结论，利用两套相同的太阳能发电板在同一时刻，同一地点分别以俯仰方向 60° 、 90° 、 120° ；水平方向 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 的条件下，对二者的发电效率进行了对比测试实验，结果表明本设备所设计的各部分硬件电路工作稳定可靠，控制程序运行正常，执行机构反应灵敏，使太阳能发电板的发电效率显著提高，达到了预期设计要求，并且可以通过无线充电的方式对周边其他设备进行无线充电，极大的提高了使用灵活性，达到了本次设计的目的。

第五章，对微型移动式太阳能无线充电桩在功率容量扩展及在光伏发电应用领域进行展望。

第 2 章 系统硬件电路设计

2.1 系统整体硬件电路设计

太阳能作为一种清洁可再生能源,对实现美丽中国、可持续发展有重要战略意义^[4]。本课题设计硬件系统电路主要包括太阳能自动追光电路、锂电池充电电路、无线充电电路三部分组成,系统整体硬件电路设计结构如图 2-1 所示。

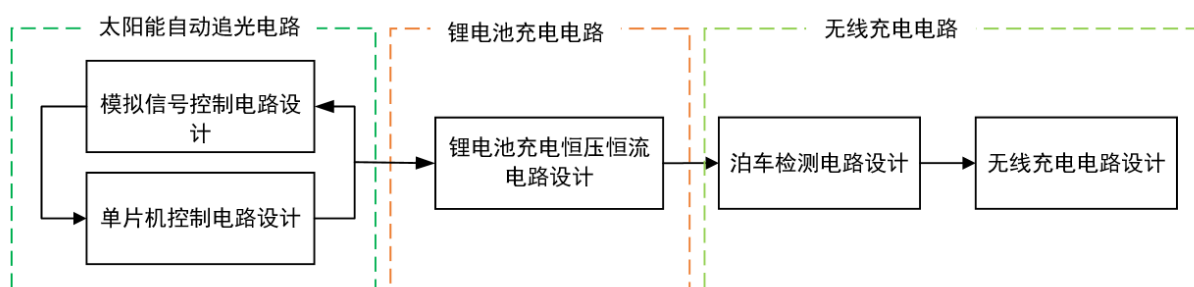


图 2-1 系统整体硬件电路设计结构框图

2.2 太阳能自动追光系统电路

一些研究表明,相比于固定角度式系统,使用光伏发电太阳能跟踪系统可以回收利用约 20%至 50%的太阳能^[5]。为提高太阳能板发电效率效率,本课题设计的太阳能自动追光系统,主要完成光照强度的实时采集使得太阳能发电板时刻对准太阳光照,以获得最高的发电效率^[6],太阳能自动追光电路主要包括模拟信号控制电路和单片机控制电路,如图 2-2 所示。

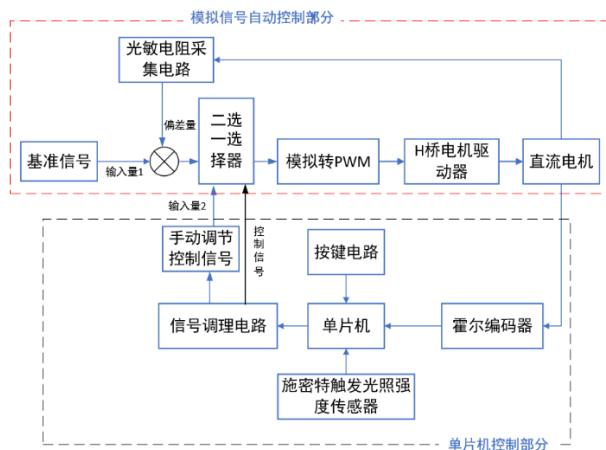


图 2-2 太阳能自动追光电路框图

2.2.1 太阳能自动追光系统电路控制原理

太阳能自动追光模拟控制电路能精准迅速的完成自动追光功能，它利用四象限光敏电阻传感器采集光照信号^[7]并送入信号处理电路进行比较得到与基准信号的偏差量，偏差量又经过 PWM 转换后送入 H 桥电机驱动电路完成太阳能发电板空间位置的修正，以此完成双闭环控制。同时它还由单片机控制电路完成必要的空间位置信息存储，限位保护，模式切换，夜间自动复位功能，按下模式选择开关，单片机将控制二选一选择器完成手动模式及自动模式切换功能。按下数据存储按键，此时单片机将以当前两个电机上的霍尔编码器的脉冲为基准。在太阳能发电板的运动过程中，一旦水平方向超过 $\pm 135^\circ$ 或俯仰方向超过了 $\pm 45^\circ$ 将执行限位保护功能，原则上这一功能将由人工手动调节，但为了以防万一，此时的单片机将自动切换成手动模式并向调节旋钮施加对应的电压值，迫使太阳能发电板回到设定的运动范围内。到了夜间或太阳光照不充足时，施密特触发光敏传感器将向单片机发出低电平，此时单片机将执行自动复位程序，将当前两个电机的霍尔编码器脉冲与之前存储的基准脉冲数相比对，反向驱动电机使其回到之前保存的基准位置上。

模拟信号控制电路主要由信号采集与处理电路、PWM 信号调制、H 桥驱动电路等组成。

2.2.2 信号采集与处理电路

系统操作模式分为手动调节和自动调节两种，当系统工作在手动模式时，太阳能板的空间位置将完全受控于位置调节旋钮 W1 和 W2；当模式为自动模式时，太阳能板的空间位置将根据光敏电阻采集到的光照情况自动调节。如图 2-3 为光照信息采集与处理电路原理图，图 2-4 是光敏电阻采集板 PCB 设计图及实物，图 2-5 是信号采处理电路 PCB 设计图及实物图。

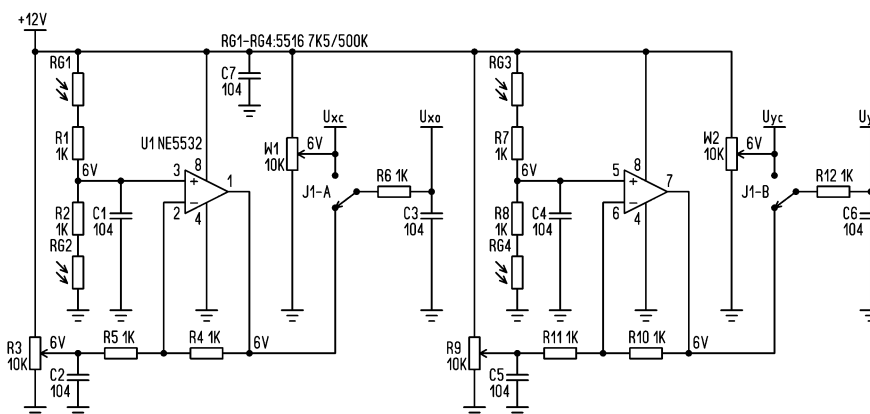


图 2-3 光照信息采集与处理电路原理图（包含手动模式切换）

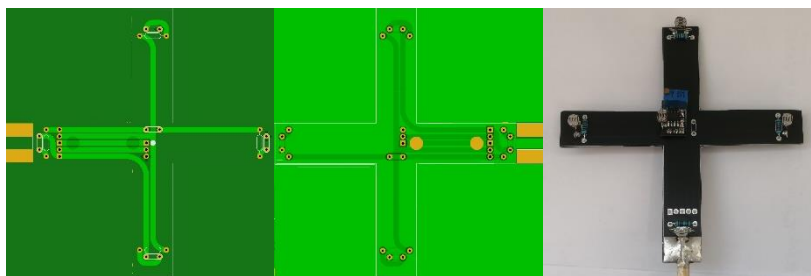


图 2-4 光敏电阻采集板 PCB 设计图及实物



图 2-5 信号处理电路 PCB 设计图及实物正反面

2.2.3 PWM 调制信号

在电路设计中为达到最高的工作效率，电机驱动采用 PWM 控制+H 桥驱动方案。关于 PWM 调制，本项目中采用 NE555 振荡电路产生一个 40KHz 的三角波调制信号，这个频率已经很高并已达到可闻音频上限的二倍，不但不影响人类的正常生活，还能让电机的运转非常平稳。40KHz 的三角波调制信号送入到电压比较器一个输入端与电压比较器另一个输入端的电压信号调制，就可以在电压比较器的输出端产生一个 40KHz 的 PWM 波信号了，图示原理如图 2-6 所示，图 2-7 为 PWM 电路 PCB 设计图正面与反面，图 2-8 为 PWM 电路实物图。

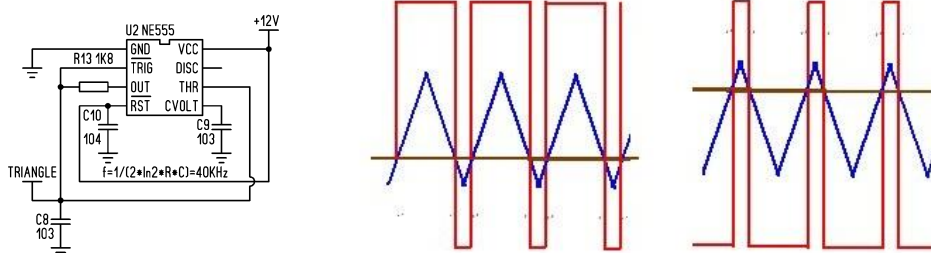


图 2-6 40KHz 的载波（三角波）信号产生电路及 40KHz 的 PWM 波信号

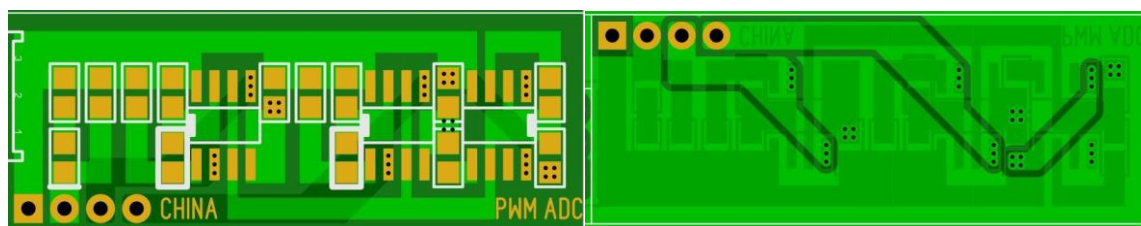


图 2-7 PWM 电路 PCB 设计图正面与反面



图 2-8 PWM 电路实物图

2.2.4 H 桥驱动电路

为了实现电机的正反转控制，在这里采用的是基于 MOS 管设计的 H 桥驱动电路，使用 MOS 管作为开关元件，一方面可以降低能量损耗，另一方面由于体二极管的存在，直接节省了续流二极管，以 T1, T2, T3, T4 举例，当 T3, T2 导通时电机正转，T1, T4 导通时电机反转。由于 MOS 管开启快关闭慢以及导通时 U_{GS} 需要足够高的特性，为避免上下管同时导通造成短路并保证 MOS 管有足够的 U_{GS} 进行驱动，增加 VT1, VT2 和 VT4, VT5 构成图腾柱用于两个桥臂的推动，并增加 RD 并联电路用于死区保护，确保在一个桥臂里一个 MOS 管完全关闭时另一个 MOS 管才完全打开，避免电源周期性短路，同时考虑到电机在失电停止运行时会由于转子惯性原因仍持续运行一段时间的特性，加装 VT3, VT6 构成电磁制动控制电路，当 XEN 为高电平时，VT3, VT6 将导通，T1, T3 也将同时导通，此时电机两端瞬间相连，电机因转动产生的电流瞬间转变成强大的电磁力矩将转子瞬间刹停，进而解决了这一问题，如此一来不仅能在后续单片机自动控制的精准度上得以提高，还能在保护功能动作后缩短响应时间，提高设备安全性和整体性能。

如图 2-9 为 H 桥驱动电路原理图，图 2-10 双路 H 桥电机驱动电路 PCB 设计图正面与反面，图 2-11 双路 H 桥电机驱动实物图。

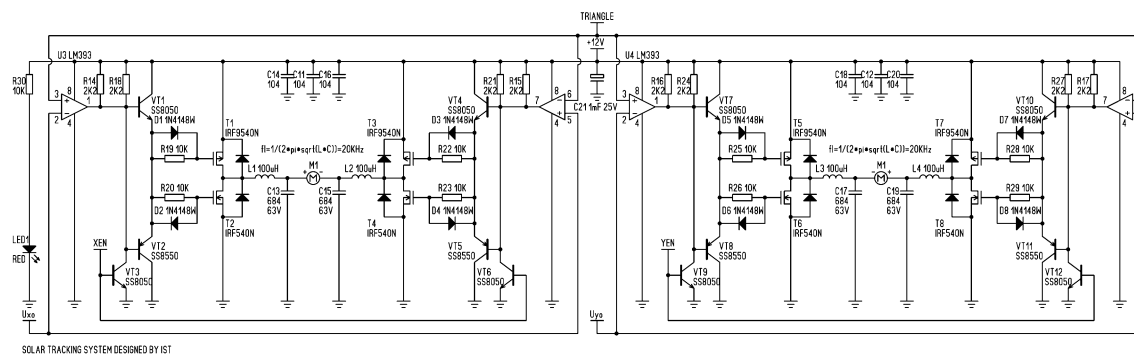


图 2-9 双路 H 桥驱动电路原理图

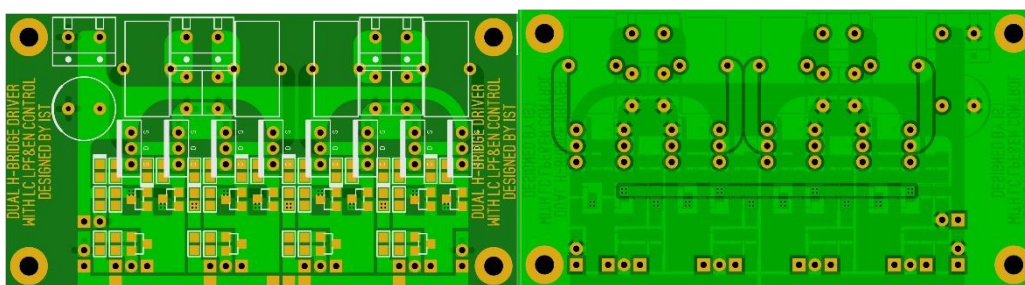


图 2-10 双路 H 桥电机驱动电路 PCB 设计图正面与反面

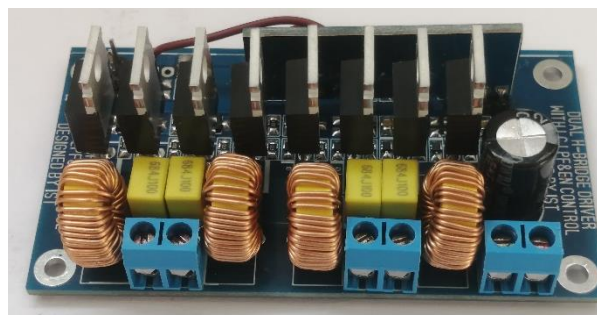


图 2-11 双路 H 桥电机驱动实物图

2.2.5 PWM 调制+H 桥驱动电路原理

不难看出，当电压比较器输入的电压在三角波调制信号正中心时，电压比较器的两个通道都输出占空比为 50% 的 PWM 信号，此时经过功率 LC 滤波后在电机两端形成的电压差为零，因此电机不动，一旦电压比较器输入的电压不在三角波调制信号正中心时，电压比较器的两个通道都输出占空比就会以 50% 为中心反方向偏移，此时经过功率 LC 滤波后在电机两端形成的电压差就不为零了，偏离方向将影响电机转向，偏离程度将影响电机运动快慢。

在本电路中，使用 DC12V 进行供电，NE555 产生的三角波调制信号在电源电压的 1/3~2/3 处变化，也就是 4~8V，电压比较器输入的直流电压在这一范围内波动即可让电机

在正转最大转速(此时电机两端电压为+12V)到反转最大转速(此时电机两端电压为-12V)范围内进行变化, 因此可知电机驱动器的灵敏度 K 为:

$$K = \Delta U_o / \Delta U_i = (12 - (-12)) / (8 - 4) = 6$$

因此, 本项目的执行机构具有较高的灵敏度, 在信号采集和处理电路中就可以稍微降低些比例控制系数 K_p 了。

这里采用运算放大器作减法器, 用可调电阻 R_4 提供给定信号送入到反相输入端, 用光敏电阻作传感器将采集到的信号送入到同相输入端, 当两个光敏电阻受到的光照强度相当时, 运算放大器同相输入端的电压为 6V, 反相输入端给定的参考信号也为 6V, 根据减法器的性质, 输出的电压值刚好也为 6V, 相关计算如下:

对于同相输入端:

$$U_{o+} = 6 * A_{u+} = 6 * (1 + R_5 / R_4) = 12V$$

对于反相输入端:

$$U_{o-} = 6 * A_{u-} = 6 * (-R_5 / R_4) = -6V$$

对于 U_o :

$$U_o = U_{o+} + U_{o-} = 6V$$

当光照位置发生偏移时, 传感器返回的电压值将在 6V 附近波动, 运算放大器输出端电压值也会在 6V 附近波动, 经上述电路处理, 就完成了 PID 调节中的比例调节。

此项目用纯比例控制已经足够, 但为了防止系统过冲, 仍有必要加上 R_{10}, C_9 构成的积分环节, 完成 PI 控制。

2.3 单片机控制电路

单片机控制电路如图 2-12 所示, 它的作用是通过 STC8 并配合施密特光照强度传感器, 霍尔编码器, 模式切换按键, 位置信息存储按键, 电机驱动器, 继电器驱动器以及电磁制动控制电路构成一个数字闭环控制系统, 进而完成本设备的夜间自动复位功能, 限位保护功能, 手动/自动模式切换功能^[8]。图 2-13 为单片机 PCB 设计, 图 2-14 为电路实物图。

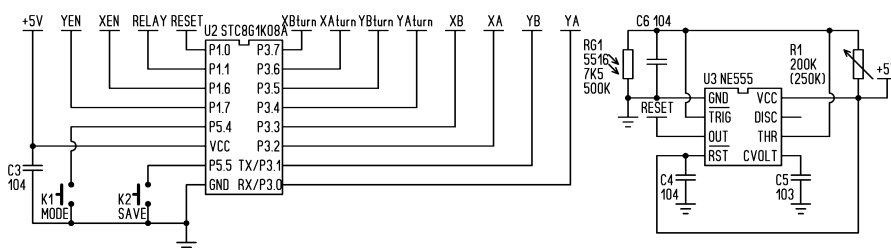


图 2-12 单片机控制电路原理图

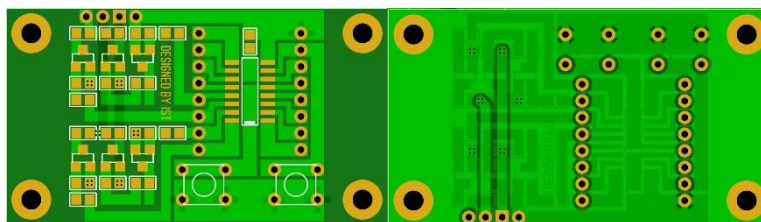


图 2-13 单片机控制电路 PCB 设计图

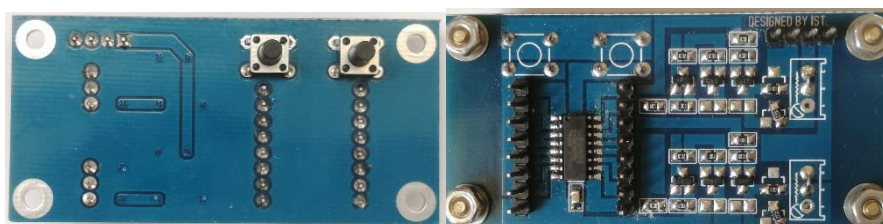


图 2-14 单片机控制电路实物

在本设计中，STC8G1K08A 的各引脚功能如表 2-1 所示：

表 2-1 STC8G1K08A 的各引脚功能

| 引脚号 | 功能 | 引脚号 | 功能 |
|-----|----------------|--------|--------------------|
| 1 | RESET-执行机构复位信号 | 16 | XBturn-水平电机转向控制B端口 |
| 2 | RELAY-继电器驱动信号 | 15 | XAturn-水平电机转向控制A端口 |
| 3 | XEN-水平电机电磁制动信号 | 14 | YBturn-俯仰电机转向控制B端口 |
| 4 | YEN-俯仰电机电磁制动信号 | 13 | YAturn-俯仰电机转向控制A端口 |
| 5 | MODE-模式切换按键 | 12 | XB-水平电机霍尔编码器B相（黄） |
| 6 | VCC-DC5V电源 | 11 | XA-水平电机霍尔编码器A相（绿） |
| 7 | SAVE-位置信息存储按键 | 10(TX) | YB-俯仰电机霍尔编码器B相（黄） |
| 8 | GND-接地 | 9(RX) | YA-俯仰电机霍尔编码器A相（绿） |

关于 STC8G1K08A，在使用前必须配置其 IO 口类型才能正常使用，相关配置如表 2-2 所示。

表 2-2 IO 口类型配置

| | 普通 | 高阻 | 强推挽 | 开漏 |
|------|----|----|-----|----|
| PXM0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| PXM1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

这里根据实际设计电路，设置 P1M0=0XC2, P1M1=0X00, P3M0=0XF0, P3M1=0X00, 其余均为 0X00 即可；由于串口引脚接了俯仰电机霍尔编码器的 AB 相，在下载程序时需要拔掉俯仰电机线，用专门的测试工装从俯仰电机接线的 GND,A,B 引出三根线进行下载。

单片机控制电路是采用 NE555 构成的施密特式光敏传感器，PCB 设计图与实物装配图见图 2-15。当光照强度变暗时，RG1 的阻值将变大，NE555 的 2 脚和 6 脚电压将升高，当光照强度低于设定值时 NE555 将输出低电平，此时 STC8G1K08A 将识别到电平的变化，同时执行自动复位程序，驱动执行机构的水平电机和俯仰电机迅速回到设定位置，由于它的触发特性为施密特，大大提高了电路的抗干扰性，降低了误报率。

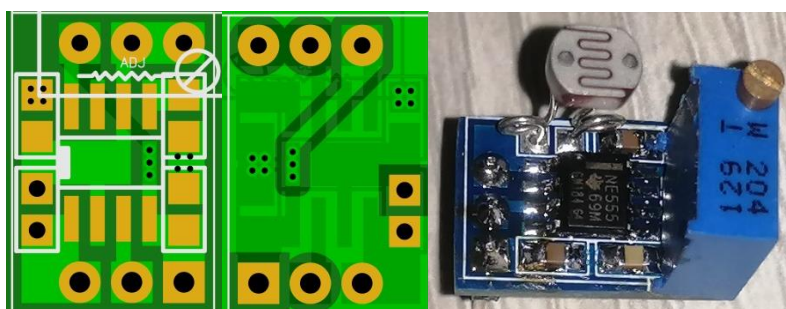


图 2-15 施密特触发光照强度传感器电路 PCB 设计图及实物

电路图 2-16 为驱动器控制电路及 5V 电源电路，右上角为 7805 构成的稳压电路，用于为单片机和光照传感器供电，图左侧为两个通道的驱动器以及继电器驱动器，两种驱动器的工作原理如下：

当系统进入了自动复位程序，单片机会向电机驱动器发送信号，当 XAturn 为高电平，VT1 导通，VT2 也随之导通，Uxc 输出高电平；当 XBturn 为高电平，VT3 导通，Uxc 输出低电平，这个电平信号将直接拉低手动位置调节电位器的中点电压，完成对电机运转方向的自动控制，另一通道的工作原理与之相同，不再赘述。

当系统进入手动控制模式时，RELAY 为高电平，VT7 导通，驱动器控制电路中的继电器 J1 吸合，进行手动调节太阳能板位置。执行机构的运动受控于光照信息采集与处理电路中的电位器 W1, W2，根据 W1, W2 中心抽头输出电压的不同完成驱动器执行机构的运动控制。

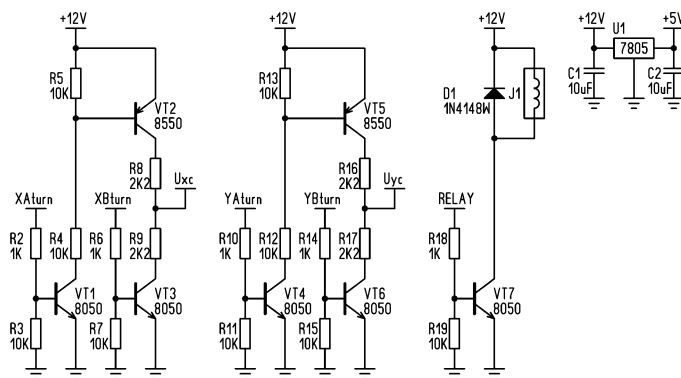


图 2-16 驱动器控制电路及 5V 电源电路

经过上述几部分电路的紧密配合，最终使得本设备可以根据光照度调整太阳能发电板的倾斜角度,使太阳能板与阳光尽量保持垂直,从而得到最大功率输出^[9]。

2.4 锂电池恒压恒流充电管理电路

锂电池恒压恒流充电管理电路如图 2-17 所示，它由 XL4015 为核心的 BUCK 变换器和 U3 构成的伺服电路组成，图中 R3 为采样电阻，用于将电流信号转化成电压信号并送入到 U3 构成的伺服电路进行对输出电压的控制，以达到恒流目的。图 2-18、2-19 分别为锂电池恒压恒流充电管理电路 PCB 设计图与实物装配图。

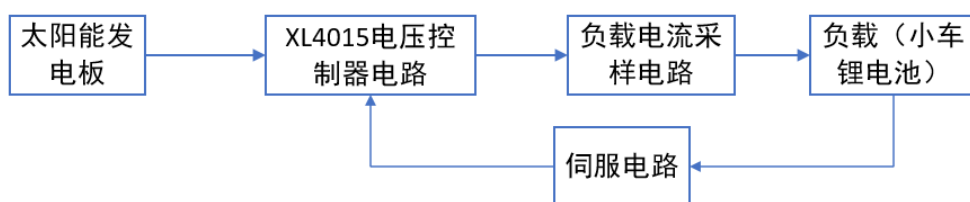


图 2-17 锂电池恒压恒流充电管理原理框图

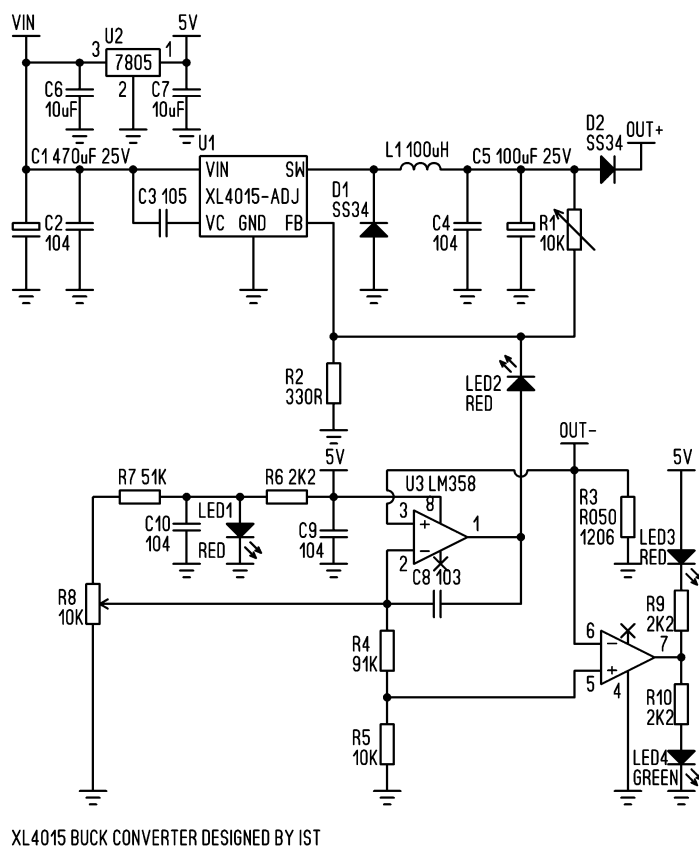


图 2-18 锂电池恒压恒流充电管理原理图

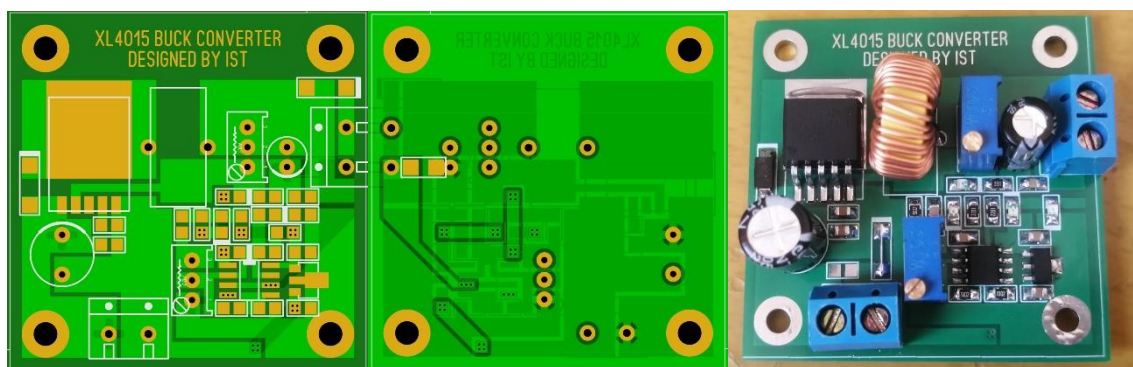


图 2-19 锂电池恒压恒流充电管理 PCB 设计图与实物装配图

2.5 无线恒压恒流充电及泊车检测电路

泊车检测的核心元件为槽型光耦 U1，用于模拟停车位上的光栅感应信号，当车辆未停好时 T5 截止，无线充电发射端的电源被切断而不工作；当车辆停好后 T5 导通进而接通无线充电发射端的电源，无线充电发射端开始工作，VT1，VT2 构成的双稳态振荡电路开始产生互补方波推动 T1~T4 交替导通以在 L1 和 C5 上产生一个大功率的方波信号并辐射出去。图 2-20 为无线充电发射端原理框图，图 2-21 为槽型光耦 U1 感应信号电路原理图、PCB 设计图及实物正反面装配图，图 2-22 无线电发射端电路原理图，图 2-23 为无线电发射端电路 PCB 设计及实物正反面装配图。



图 2-20 无线充电发射端原理框图

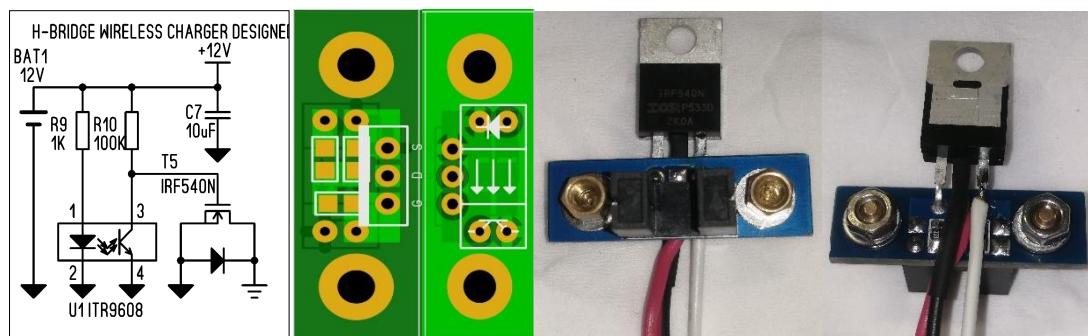


图 2-21 槽型光耦 U1 感应信号电路原理图、PCB 设计图及实物正反面装配图

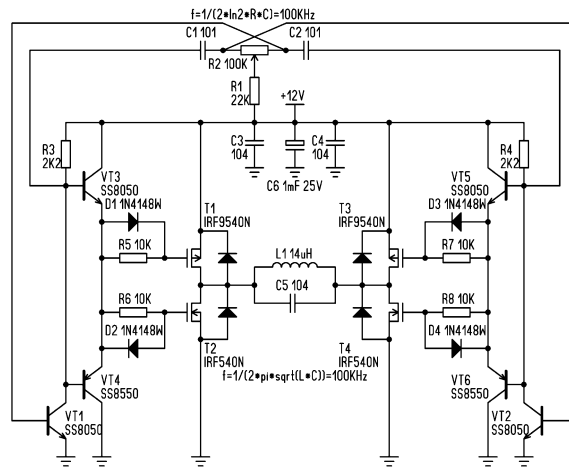


图 2-22 无线电发射端电路原理图



图 2-23 无线电发射端电路 PCB 设计及实物正反面装配图

无线充电接受端原理框图如下图 2-24 所示，小车上的无线充电线圈负责捕捉这一信号并经过 D5 半波整流，C9,C10 滤波后送到锂电池恒压恒流充电电路中去，它由 XL4015 为核心的 BUCK 变换器和 U4 构成的伺服电路组成，图中 R13 为采样电阻，用于将电流信号转化成电压信号并送入到 U3 构成的伺服电路进行对输出电压的控制，以达到恒流目的。图 2-25 为无线充电接收端电路原理图，图 2-26 为 PCB 设计图、实物装配图，图 2-27 为无线充电电路原理总图。

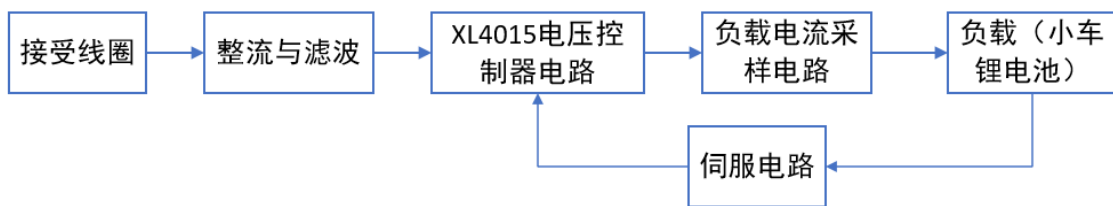


图 2-24 无线充电接受端原理框图

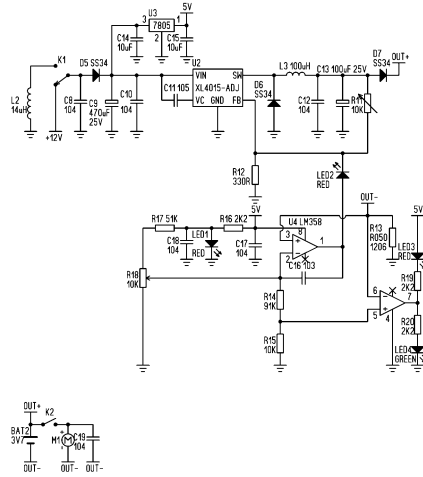


图 2-25 为无线充电接收端电路原理图

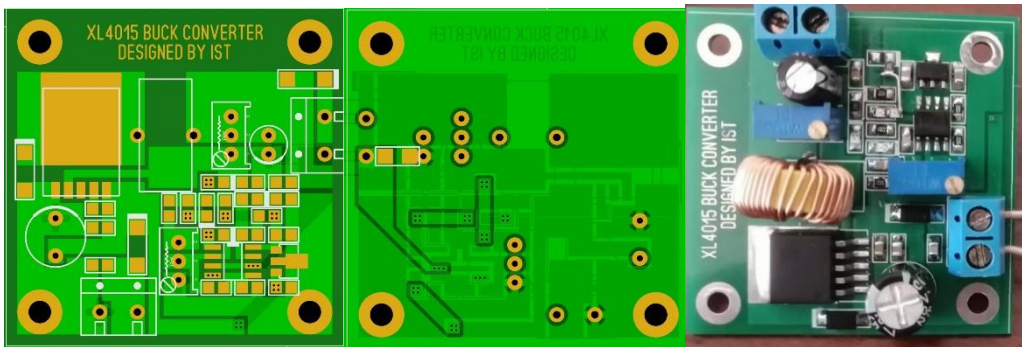


图 2-26 无线充电接收端电路 PCB 设计图、实物装配图

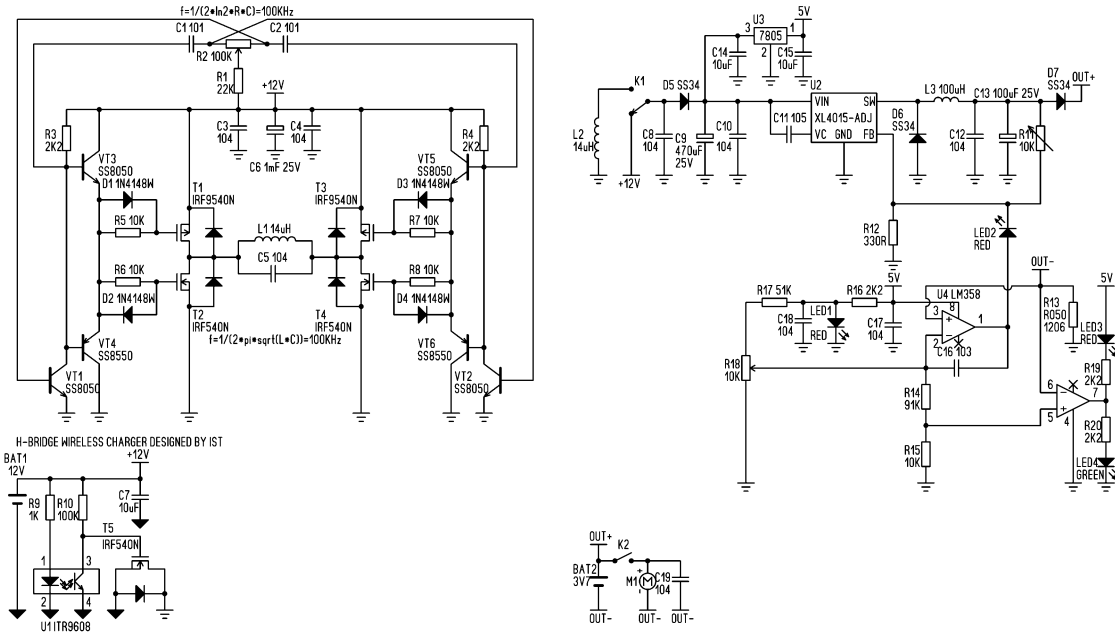


图 2-27 无线充电电路原理总图

在本电路中，相关计算公式均在电路原理图中进行了标注，这里为了节约篇幅不再赘述。

2.6 本章小结

本章主要对模拟控制电路、单片机控制电路、锂电池充电电路、无线充电电路的电路进行设计，且对信号采集与处理电路、PWM 信号调制、H 桥驱动电路原理进行详细阐述，并对单片机闭环控制系统的功能进行介绍。针对每组硬件电路原理图，自行设计 PCB 制图，并进行实物装配。

第 3 章 软件设计

3.1 主程序设计

主要包括数据存储模块、限位保护模块、自动复位模块、手动\自动模式切换四部分内容。

3.1.1 关于数据存储

STC8 时刻读取两组电机上编码器的数据并进行记录，当电机运行到预期位置时即可按下数据存储按键，此时当前数据将被存储，数据存储程序图如图 3-1 所示，程序代码见附录源代码中的按键子程序。

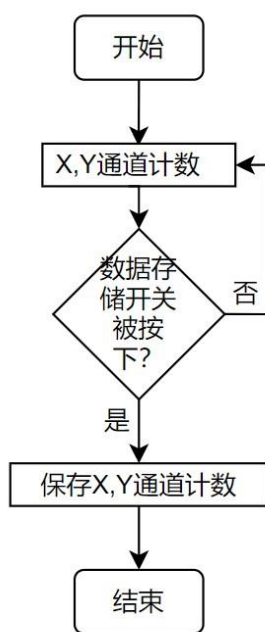


图 3-1 数据存储程序图

3.1.2 关于模式切换

模式切换取决于信号处理电路中继电器的状态，当按下模式切换按键时继电器将从吸合到释放或从释放到吸合，从而完成手动到自动，自动到手动的模式切换。模式切换程序流程图见图 3-2，程序代码见附录源代码中的按键子程序^[10]。

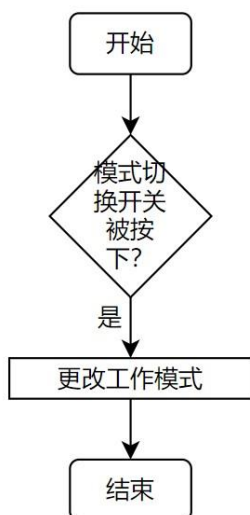


图 3-2 模式切换程序流程图

3.1.3 关于限位保护

单片机时刻判断两组电机编码器的数据，一旦超过正常运行范围，立即启动限位保护程序，此时电机将反方向运转直到被拉回到正常允许范围内。图 3-3 为限位保护程序流程图，程序代码见附录源代码中的控制子程序。

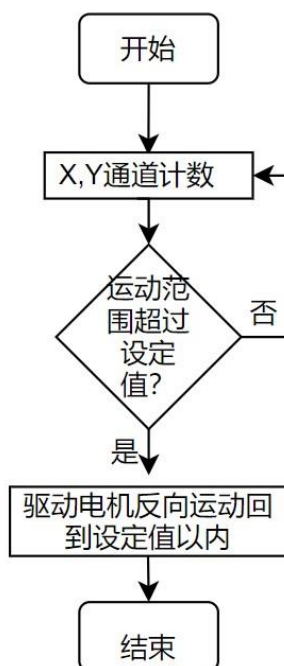


图 3-3 限位保护程序流程图

3.1.4 关于复位程序

单片机时刻检测光敏传感器传回的数据，一旦检测到环境过暗，立即启动复位程序，此时电机将反方向运转到存储位置上，图 3-4 为复位程序代码流程图，程序代码见附录源代码中的控制子程序。

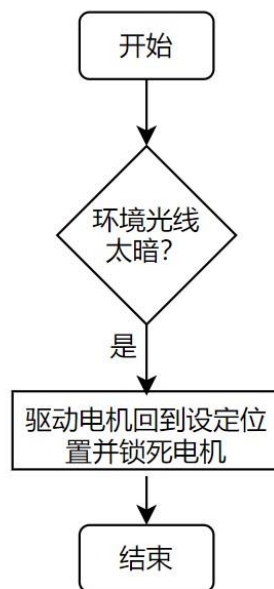


图 3-4 复位程序代码流程图

3.2 本章小结

本章针对单片机数据存储模块、限位保护模块、自动复位模块、手动\自动模式切换四部分控制功能，设计程序流程代码图，并进行编程调试，实现预想功能。

第 4 章 测试与结论

4.1 实验材料

多晶硅太阳能板两张，微型移动式太阳能无线充电桩试制测试样机一台，暗室一间，导光管道一根，示波器，万用表。

调试一共包括硬件调试和软件调试两部分内容，硬件电路调试需要先接通电源并让太阳能自动追光系统进入自动模式，此时调节信号处理板的基准，使得太阳能板的板面能够精准垂直于光源，二是调节信号处理板的比例放大系数，使得系统不因超调而产生振荡且静差足够小，三是调节信号处理板的 RC 积分时间常数，使得电机在限位保护时可以迅速停稳。然后调节锂电池恒压恒流充电板的输出电压，调节 R1 使得输出电压为 12.6V，调节 R8 使得输出电流为 1A。再调节无线充电发射模块的可调电阻使得振荡电路输出波形为两路反相且占空比为 50%的方波。最终调节无线充电接收端的 R11 使得输出电压为 4.2V，调节 R18 使得输出电流为 1A。软件调试需要调试程序相关阈值，使其在控制过程中精准可靠。

4.2 实验方法

4.2.1 系统测试

为验证本文所述设备的实际效果需进行对比实验，根据实际应用中太阳能发电板的角度是既有俯仰方向又有水平方向，因此这里对其分别测试。方法为：在暗室中将室外的太阳光用柔软的导光管道导入到室内利用两套相同的太阳能发电板在同一时刻，同一地点分别以俯仰方向 60° 、 90° 、 120° ；水平方向 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 的条件下，对二者的发电效率进行了对比测试实验。

1. 实验数据

表 4-1 为俯仰方向太阳能转效率对比数值，图 4-1 和图 4-2 分别为俯仰方向的对照组发电效率和本设备发电效率的折线图。

表 4-1 俯仰方向太阳能发电效率对比

| 角度 | 60° | 90° | 120° |
|---------|------------|------------|-------------|
| 本设备发电效率 | 24% | 24% | 24% |
| 对照组发电效率 | 14% | 24% | 15% |

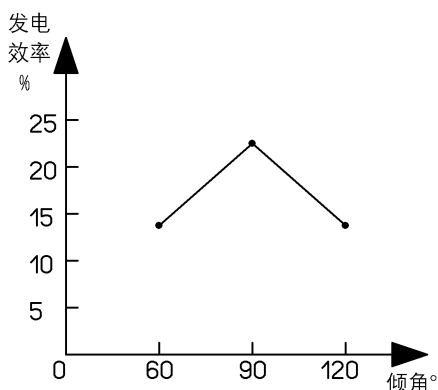


图 4-1 俯仰方向对照组发电效率

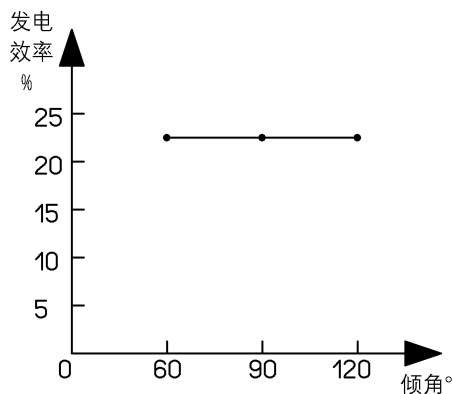


图 4-2 俯仰方向本设备发电效率

表 4-2 为水平方向太阳能转效率对比数值，图 4-3 和图 4-4 分别为水平方向的对照组发电效率和本设备发电效率的折线图。

表 4-2 水平方向太阳能发电效率对照表

| 角度 | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|--------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 本设备转效率 | 21% | 22% | 22% | 22% | 21% | 22% | 22% |
| 对照组效率 | 1% | 4% | 14% | 24% | 15% | 5% | 2% |

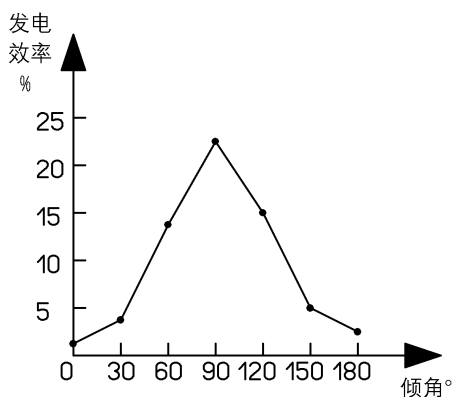


图 4-3 水平方向本设备转效率

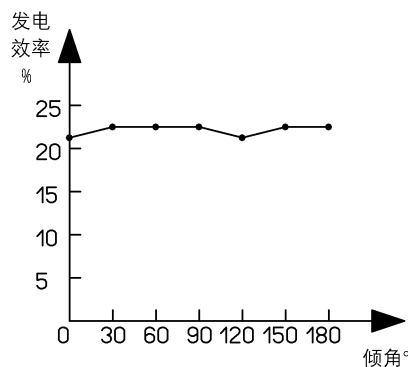


图 4-4 水平方向对照组效率

2. 实验结果分析

根据上面的实验数据可以发现，在对照组中，只有当太阳光照垂直于太阳能发电板板面时才能获得最高的发电效率，否则将随着角度偏转逐步降低；而加上本设备之后的太阳能发电板由于具备自动追光的能力，时刻都能获得最高的发电效率，即便在测试光源快速移动的时候，本设备都可以带动太阳能板随之快速移动，符合预期。图 4-5 是本课题完成

的太阳能自动追光系统试制测试样机。



图 4-5 太阳能自动追光系统试制测试样机

4.2.2 无线充电系统性能验证

将 12V 锂电池充满电后接入无线充电系统发射端，此时振荡器将输出两组反相的 100KHz 方波信号，调节 R2 可以修正方波占空比，如下图 4-6 所示：



图 4-6 振荡器输出的 100KHz 方波信号

同样的，H 桥驱动电路也将输出一个 100KHz 的功率方波信号，如下图 4-7 所示：



图 4-7 H 桥输出的 100KHz 方波信号

接上发射线圈和谐振电容，发射线圈将辐射频率为 100KHZ 的功率电磁波信号，实测波形如下图 4-8 所示。

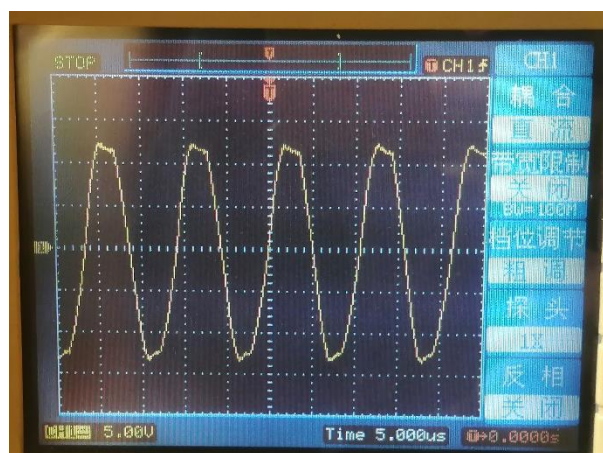


图 4-8 发射线圈发出的 100KHz 电磁波信号

无线充电接收电路捕捉到的功率电磁波信号如下图 4-9 所示，后续此信号经过半波整流滤波转换成直流电后送入到 XL4015 构成的恒压恒流充电电路为电动小车模型上的锂电池进行充电，设计实验测试了锂电池的输出性能以及其配合太阳能板、电源管理等组件为电动小车模型的充电情况^[1]。

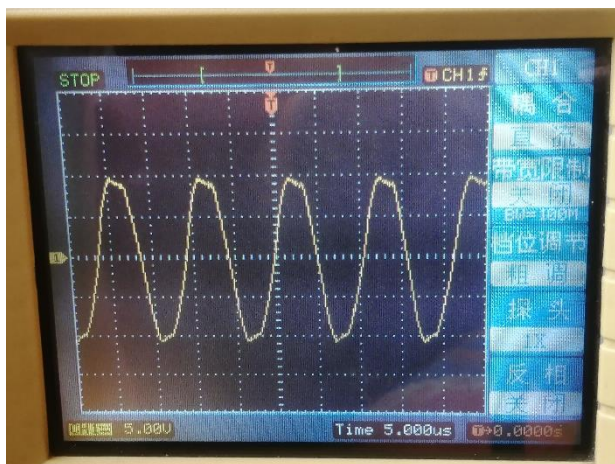


图 4-9 无线电接受到的电磁波信号

4.3 结论

本设计介绍的装置分别运用了 STC8 单片机，PWM 控制控制电路，软件程序共同实现了太阳能发电板跟随太阳的自由移动，同时还具备手动控制太阳能发电板的位置，夜间太阳能发电板的自动复位，以及必要的限位保护功能^[12]。该装置利用两套相同的太阳能发电板在同一时刻，同一地点分别以俯仰方向 60° 、 90° 、 120° ；水平方向 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 的条件下，对二者的发电效率进行了对比测试实验。

实验结果表明本设备所设计的各部分硬件电路工作稳定可靠，控制程序运行正常，执行机构反应灵敏，抗干扰能力很强，使得太阳能发电板时刻对准太阳，太阳能发电板的发电效率显著提高，达到了预期设计要求，并且可以通过无线充电的方式对周边其他设备进行无线充电，极大的提高了使用灵活性，达到了本次设计的目的^[13]。

4.4 本章小结

本章采用对比实验法将对照组与本设备的发电效率进行了对比测试实验，结果表明本设备所设计的各部分硬件电路工作稳定可靠，控制程序运行正常，执行机构反应灵敏，使太阳能发电板的发电效率显著提高，达到了预期设计要求。通过对无线充电发射和接收电磁波的测试，确定硬件电路设计方案可行，可以通过无线充电的方式对周边其他设备进行无线充电，为无线充电功能的实现提供电路设计参考。

第 5 章 展望

微型移动式太阳能无线充电桩的设计，结合了现代成熟的自动化控制方案和市场实际，其设计理念是可以在实际设计中予以应用的。在实际应用中，可以将功率半导体器件换成宽禁带半导体材料，以符合现如今高电压大电流的快充技术应用，同时将执行机构进行优化，增加太阳能板折叠控制机构，如此一来发电功率将得以加强，实现真正意义上的实际应用。

本课题的设计除了可应用在单一的太阳能无线充电桩以外，其太阳能自动追光系统还可以广泛应用于光伏电站或楼宇光伏发电系统领域；其无线充电线圈还可以广泛埋入一些车流量大的公路或专用停车位上，方便车主在行车过程中或停车后可以随时随地的无线充电。同时还可以应用电力载波调制技术，通过无线充电线圈进行车辆-充电站-车辆之间的通信，实现路况和不同车主之间的互动，更方便了交管部门的调度，这对于交通运输日趋繁忙的今天，在缓解交通压力，减少事故率和提高通行效率方面都有积极影响。

参考文献

- [1] 王琨, 余志民等. 智能建筑中太阳能板智能追光系统研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2022, 35(02):14-21.
- [2] 刘文正, 戴文来等. 一种双轴式自追踪光伏太阳能支撑装置的设计[J]. 机械工程师, 2019(10):79-81.
- [3] 杨帆, 张铭显等. 太阳能自动追光系统的节能技术研究[J]. 中国新技术产, 2018(15):1-3.
- [4] 杨阳. 基于改进 SMC 方法的移动式太阳能板双轴跟踪系统研究与设计[D]. 辽宁: 东北大学, 2019.
- [5] 耿晓强, 唐向红等. 基于光敏电阻阵列的太阳自动跟踪系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17(02):31-34.
- [6] 王华杰, 张霁宇. 基于智能云台的太阳能光伏发电系统的设计[J]. 电子测试, 2021(09):39-40.
- [7] Parul Gaur, Yajvender Pal Verma, et al. Harmonic Elimination of a PV Based Cascaded H-bridge Seven Level Inverter for Induction Motor Drive[J]. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume 9, Issue 3. 2020. 668-676.
- [8] 彭旺, 李辉等. 基于太阳能自动追光发电的空气制水装置[J]. 仪表技术, 2022, No.391(05):36-39.
- [9] 曹兴, 刘宇飞等. 青岛地区屋顶太阳能板最佳安装角度分析[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版), 2020, 41(01):87-90.
- [10] 金旭, 林臻智等. 基于地平坐标系的太阳能追日系统高度角—方位角双轴跟踪系统的应用研究[J]. 中州煤炭, 2021, 043(007):275-281.
- [11] 刘永昊, 蒋华锋. 基于 ArduinoUno 的阳台太阳能角度自动调节系统[J]. 电子制作, 2018(19):25-27+24.
- [12] 王敏. 家用风力发电机在智能家庭的应用研究[D]. 江苏: 东南大学, 2019.
- [13] Irshad Ahmad Shah, Ludin Gul Ahmad, et al. Optimization of grid-photovoltaic and battery hybrid system with most technically efficient PV technology after the performance analysis. [J] Renewable Energy. Volume 207, Issue. 2023. 714-730

致 谢

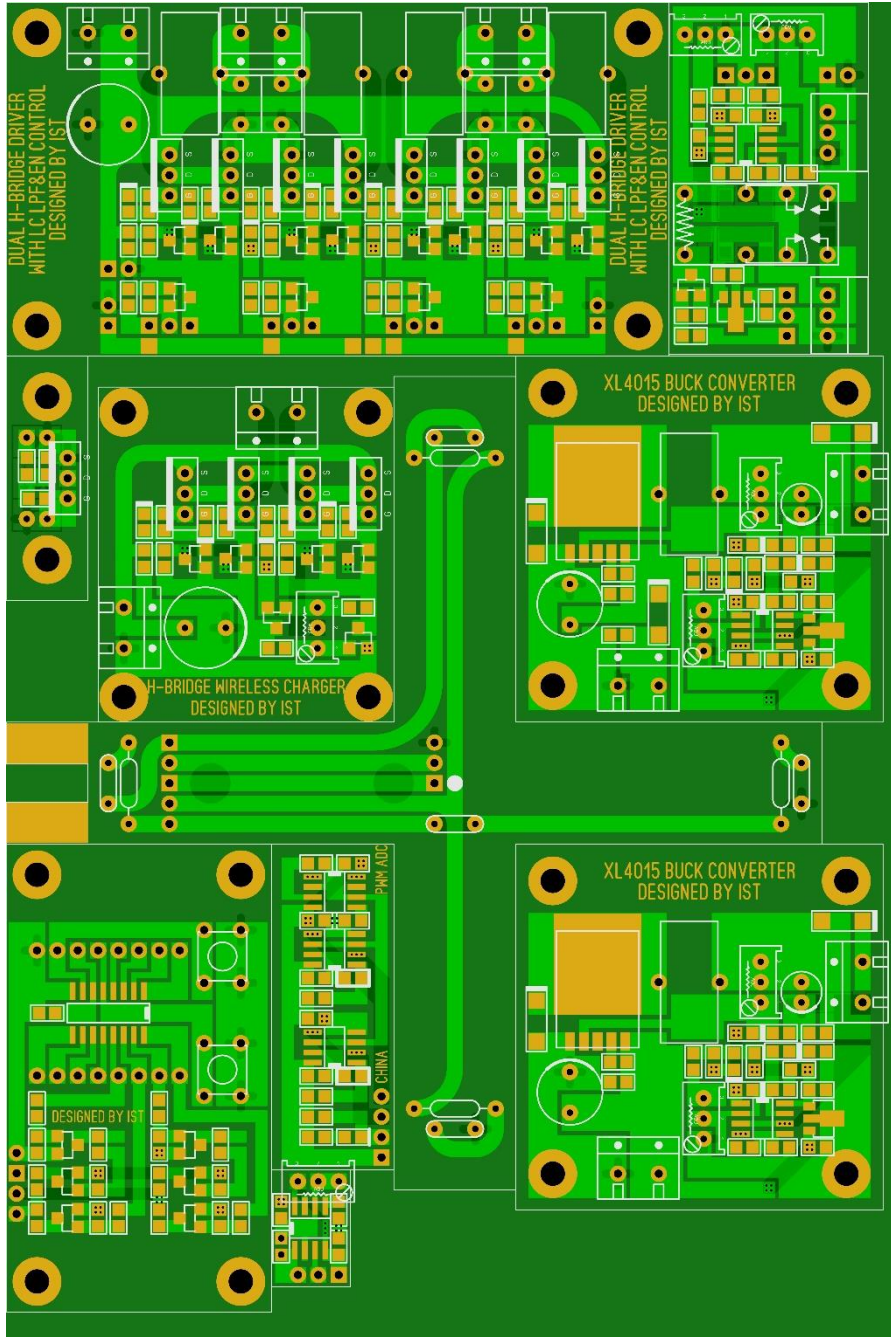
二十年前，3 岁的我拿着螺丝刀比比划划，唯独对各种家用电器感兴趣；十年前，13 岁的我已经学会了各种工具的使用，在好奇心和创造力的驱使下开始制作各种自己想要的电路；五年前，18 岁的我踏入了天津现代职业技术学院的大门开始专业化学习自己多年来的爱好，两年前，21 岁的我成功保送天津中德应用技术大学深造本科；而如今 23 岁的我也临近毕业，将自己多年所学和经验整合汇总，并结合自己在自动化领域两年所学的见解，浓缩成一个小小的毕业设计。

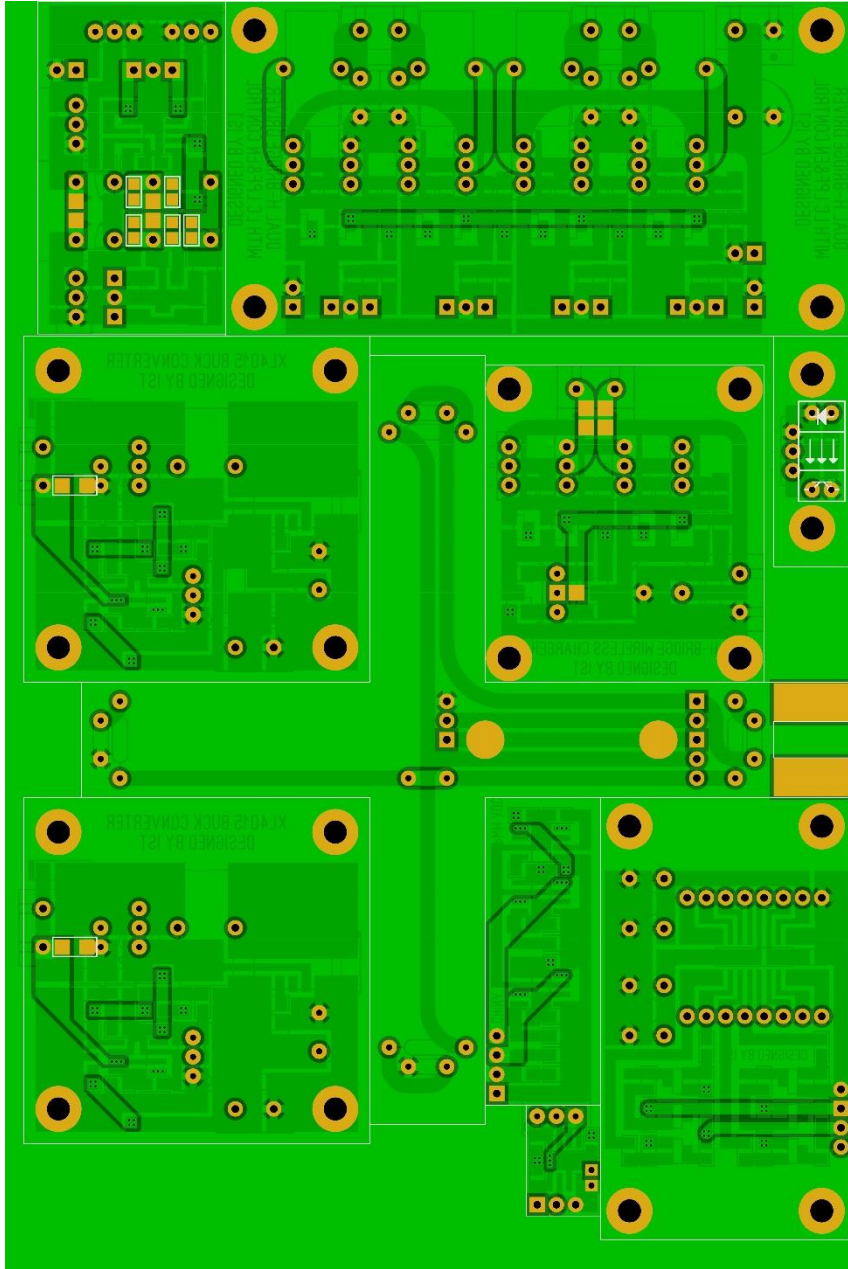
时光匆匆，初到大学校门我还是个小屁孩，而如今临近毕业我已是一名电子工程师，回想校园时光始终让我激情澎湃，不蹉跎岁月，永远勤奋好学，始终保持创新让我获奖无数，也私下做了不少把自己想法和创意变成现实的小制作，它们都是属于我青春的勋章。我的大学时光整体上无悔，但仔细想想自己还有很多事没做，或者没有做好，没有真正意义上尽自己所能，但时光不等人，一切也就盖棺定论了。追忆过去，我为了爱好而选择专业，因为热爱而努力学习，回首今朝，我为了爱好而选择事业，因为热爱而努力工作，比尔·盖茨曾说：“每天早晨醒来，一想到所从事的工作和所开发的技术将会给人类生活带来巨大的影响和变化，我就无比兴奋与激动。”我现在对工作的感受亦是如此，电子工程师的梦想已经变成现实，每天所做的工作确实在促进着我们国家航空航天事业的进步，这让我感到非常幸运。在这一不断修行让自己成为一个技术越来越牛的人的过程中，除了要感谢那个坚毅执着的我以外，更应该感谢我的妈妈，一位思想开明一直呵护我，但起初不太支持我，后来拗不过我开始支持我的慈母，以及小学时教会我电烙铁使用，培养我严谨工作作风，已作古的王敬康老师，还有 14 岁时做学徒，教会我家电维修的王进军师傅，在就读天津现代职业技术学院期间实验室的辅导老师宋光坤老师，赵爱清老师，就读于天津中德应用技术大学期间一直帮助我的辛志锋老师，韩金玉老师，特别是韩金玉老师更是不辞劳苦，担任我本次毕业设计的指导老师，一次次指导我完成本次毕业设计论文的撰写。老话常说饮水思源，在这里我要向所有帮助过我的人道一声谢谢！

自古华山一条路，成功没有命中注定更没有捷径，过去的奋斗成就了现在的我，但我绝不会止步于此，而是继续向前成就更好的我，为了自己热爱的事业，不断前进直到退休。

附录

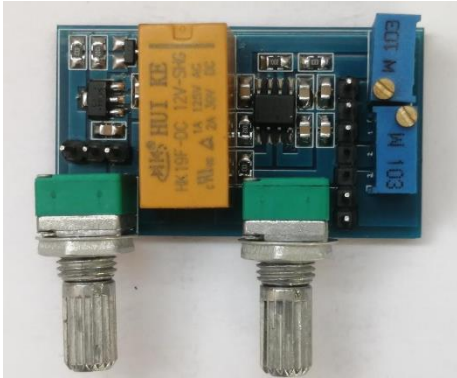
附录 1： PCB 制作设计图





附录 2：实物装配图

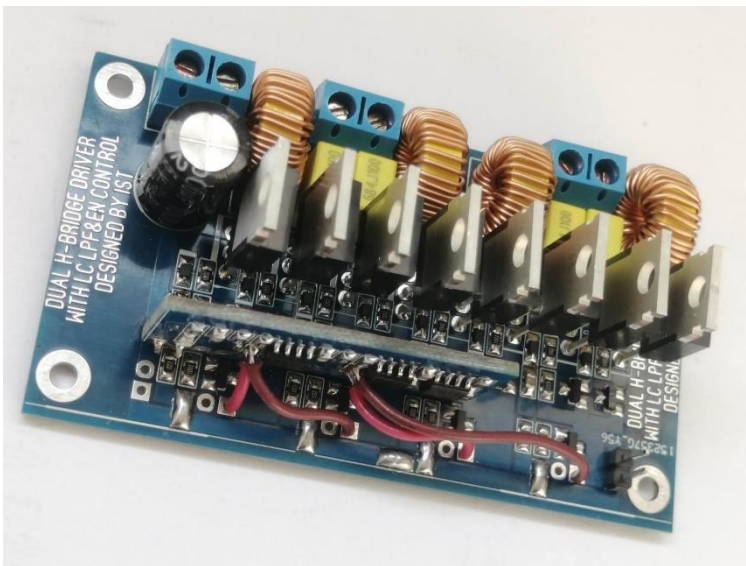
1 信号处理实物装配



2 PWM 调制板



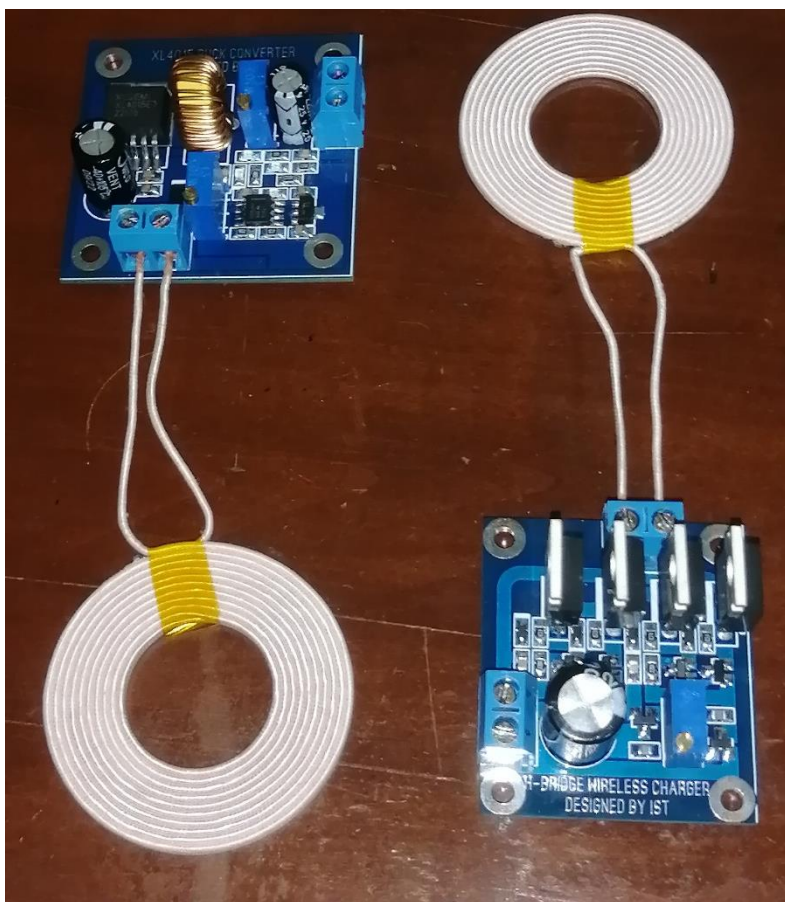
3 电机驱动板实物装配图



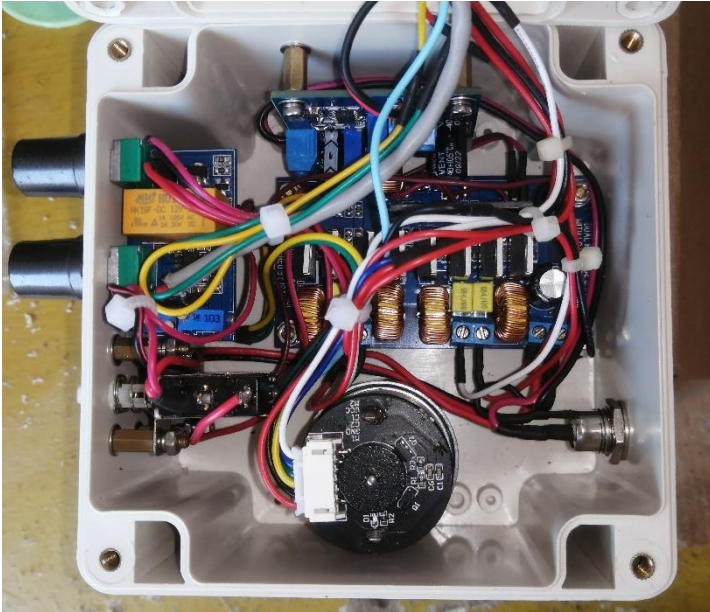
4 信号采集实物装配图



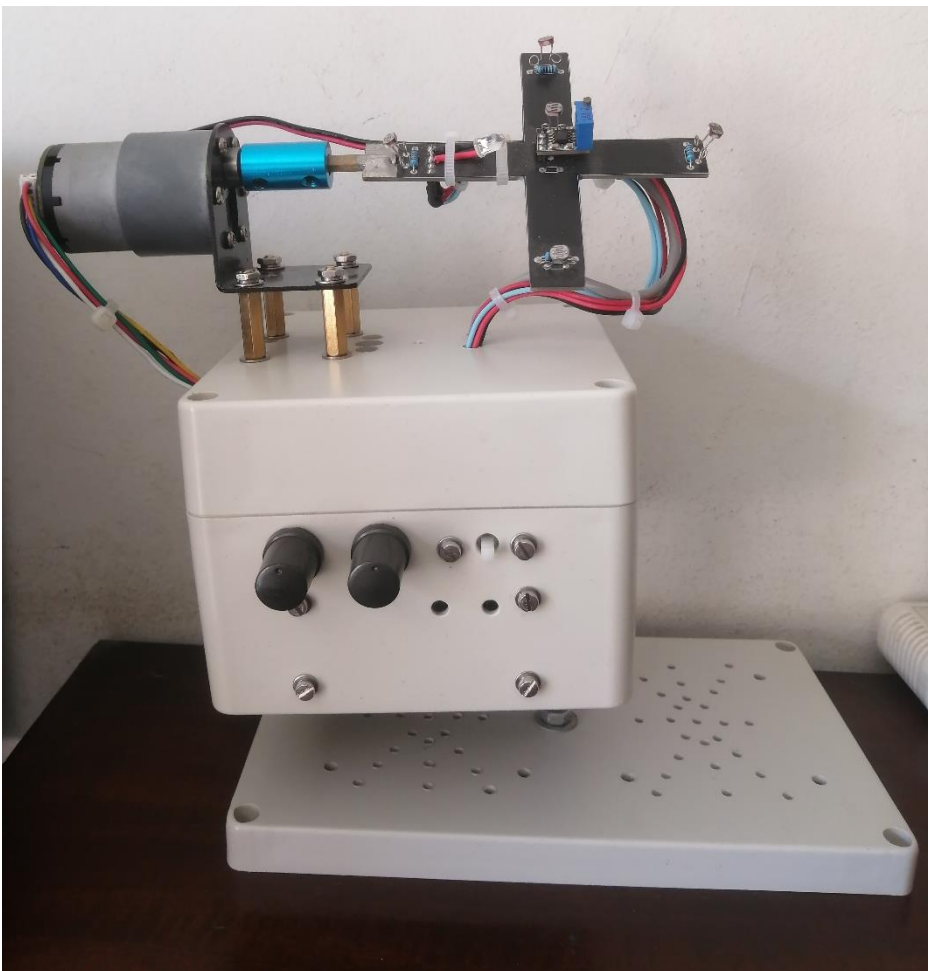
5 无线充电组合



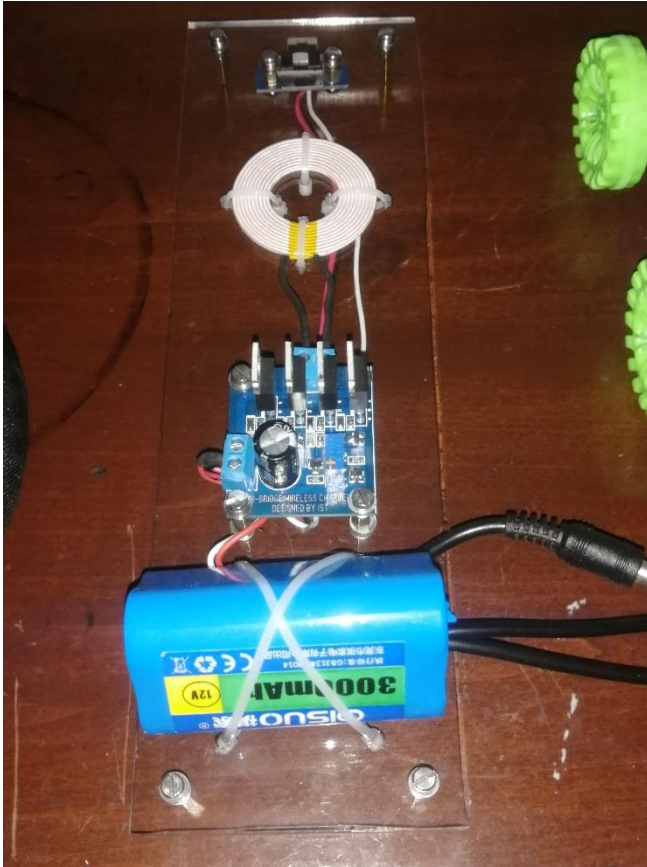
6. 执行机构（设备主体）



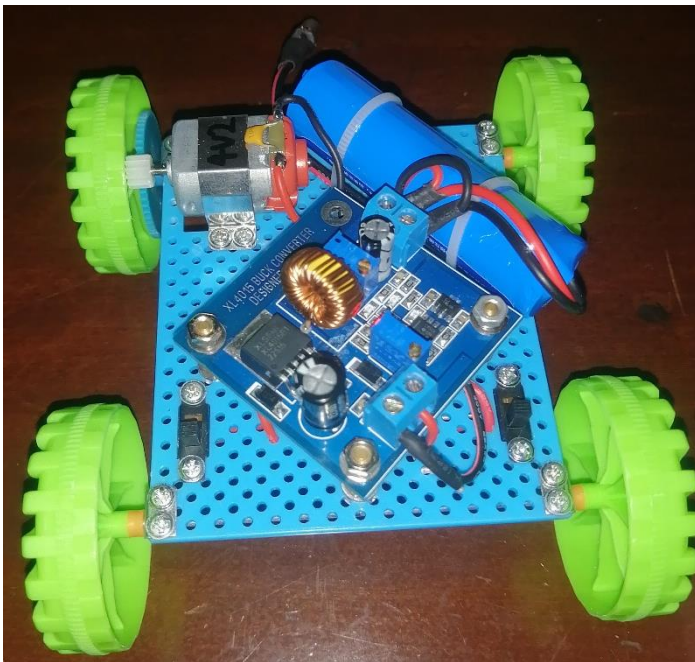
7 太阳能自动追光系统试制样机



8 线充电基站



9 终端设备（电动小车模型）



附件 3 源程序:

```
#include "reg51.h"

sfr POM1 = 0x93;
sfr POM0 = 0x94;
sfr P1M1 = 0x91;
sfr P1M0 = 0x92;
sfr P2M1 = 0x95;
sfr P2M0 = 0x96;
sfr P3M1 = 0xb1;
sfr P3M0 = 0xb2;
sfr P4M1 = 0xb3;
sfr P4M0 = 0xb4;
sfr P5M1 = 0xc9;
sfr P5M0 = 0xca;
sfr P6M1 = 0xcb;
sfr P6M0 = 0xcc;
sfr P7M1 = 0xe1;
sfr P7M0 = 0xe2;
sfr P4   = 0xc0;
sfr P5   = 0xc8;
sfr P6   = 0xe8;
sfr P7   = 0xf8;

sbit reset=P1^0;//执行机构复位信号，低电平触发
sbit relay=P1^1;//继电器控制信号，高电平吸合
sbit XEN=P1^6;//电机驱动板 X 通道使能控制信号，低电平开使能
sbit YEN=P1^7;//电机驱动板 Y 通道使能控制信号，低电平开使能
sbit key=P5^4;//手动/自动模式切换按键
sbit save=P5^5;//位置信息存储按键
sbit YA=P3^0;//Y 通道编码器 A 相
```

```

sbit YB=P3^1;//Y 通道编码器 B 相
sbit XA=P3^2;//X 通道编码器 A 相
sbit XB=P3^3;//X 通道编码器 B 相
sbit YAturn=P3^4;//Y 通道电机驱动器 A 信号
sbit YBturn=P3^5;//Y 通道电机驱动器 B 信号
sbit XAturn=P3^6;//X 通道电机驱动器 A 信号
sbit XBturn=P3^7;//X 通道电机驱动器 B 信号

unsigned char flag=1;//继电器状态标志位
int Xcount=0,Ycount=0;//XY 通道各自的脉冲计数值

void delay10ms(unsigned char x)//12MHz 晶振，10ms 延时函数
{
    unsigned char i, j, k;
    for(i=0; i<x; i++)
        for(j=0; j<200; j++)
            for(k=0; k<100; k++);
}

void delay100us(unsigned char x)//12MHz 晶振，100us 延时函数
{
    unsigned char i, j;
    for(i=0; i<x; i++)
        for(j=0; j<200; j++);
}

void anjian()//按键函数
{
    if(key==0)//功能：按下手动/自动模式切换按键后继电器状态标志位取反一次

```

```

{
    delay10ms(5); //延迟 50ms 消抖
    if(key==0) flag=!flag; //继电器状态标志位取反一次
    while(key==0); //卡死按键直至松开，避免继电器状态标志位重复取反
}

if(save==0) //功能：按下位置信息存储按键后 XY 通道各自的计数值清零，位置信息被保存
{
    Xcount=0;
    Ycount=0;
}
}

void bianma() //编码器函数
{
    if(XA==1&&XB==1) //判断 X 通道编码器是否静止
    {
        delay100us(1); //延时 100us
        if(XA==1&&XB==0) Xcount++; //判断 X 通道编码器正反转并执行相关操作
        else if(XA==0&&XB==1) Xcount--;
    }

    if(YA==1&&YB==1) //判断 Y 通道旋转编码器是否静止
    {
        delay100us(1); //延时 100us
        if(YA==1&&YB==0) Ycount++; //判断 Y 通道编码器正反转并执行相关操作
        else if(YA==0&&YB==1) Ycount--;
    }
}

```

```

}
//直流减速编码电机型号 JGB37-520-DC12V-60RPM，减速比 168，编码器单圈脉
冲 11 个
void kongzhi()//执行机构控制函数，含复位和限位功能
{
    int xnum,ynum;//运动区间参考范围变量
    if(reset==0)//如果有执行机构复位信号，运动区间参考范围为复位值
    {
        xnum=1;
        ynum=1;
    }
    else//如果没有执行机构复位信号，运动区间参考范围为限位值
    {
        xnum=693;//135° 限位脉冲数， $[(168*11)/360]*135=693$ 
        ynum=231;//45° 限位脉冲数， $[(168*11)/360]*45=231$ 
    }
    if(Xcount>xnum||Xcount<-xnum||Ycount>ynum||Ycount<-ynum||reset==0)
    relay=1;//XY 通道各自的脉冲计数值不在运动区间参考范围内或有执行机构复位
    信号时，继电器吸合
    else relay=flag;//否则继电器状态取决于继电器状态标志位
    if(XEN==0||reset==0)//有兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控制信号或有
    执行机构复位信号时，进入 X 通道修正程序
    {
        if(Xcount>xnum)//判断 X 通道偏差方向并执行对应修正操作
        {
            XAturn=1;//正转
            XBturn=0;
        }
        else if(Xcount<-xnum)//判断 X 通道偏差方向并执行对应修正操作

```

```

{
    XAturn=0;//反转
    XBturn=1;
}
else//无需修正时
{
    if(reset==0)//如果有执行机构复位信号
    {
        if(Xcount<=1&&Xcount>=-1) XEN=1;//再次确认 X 通道的脉冲计数值在
        不在复位运动区间参考范围内，如果在，兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控
        制信号为 1
        else XEN=0;//否则兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控制信号为 0
    }
    else XEN=0;//否则兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控制信号为 0
    XAturn=0;//停转
    XBturn=0;
}
}
else if(reset==1) XEN=0;//否则如果没有执行机构复位信号，兼做标志位的
电机驱动板 X 通道使能控制信号为 0

if(YEN==0||reset==0)//有兼做标志位的电机驱动板 Y 通道使能控制信号或有
执行机构复位信号时，进入 Y 通道修正程序
{
    if(Ycount>ynum)//判断 Y 通道偏差方向并执行对应修正操作
    {
        YAturn=0;//反转
        YBturn=1;
    }
}

```

```

else if(Ycount<-ynum)//判断 Y 通道偏差方向并执行对应修正操作
{
    YAturn=1;//正转
    YBturn=0;
}
else//无需修正时
{
    if(reset==0)//如果有执行机构复位信号
    {
        if(Ycount<=1&&Ycount>=-1) YEN=1;//再次确认 X 通道的脉冲计数值在
        不在复位运动区间参考范围内，如果在，兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控
        制信号为 1
        else YEN=0;//否则兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控制信号为 0
    }
    else YEN=0;//否则兼做标志位的电机驱动板 X 通道使能控制信号为 0
    YAturn=0;//停转
    YBturn=0;
}
}
else if(reset==1) YEN=0;//否则如果没有执行机构复位信号，兼做标志位的
电机驱动板 X 通道使能控制信号为 0
}

void main()
{
    POM0 = 0x00;//IO 口类型设置，未使用，P0 口均设置为普通 IO 类型
    POM1 = 0x00;//IO 口类型设置
    P1M0 = 0xc2;//IO 口类型设置，P1 口除 P11, P16, P17 设置为强推挽类型，
    其余均设置为普通 IO 类型

```

```
P1M1 = 0x00;//IO 口类型设置
P2M0 = 0x00;//IO 口类型设置, 未使用, P2 口均设置为普通 IO 类型
P2M1 = 0x00;//IO 口类型设置
P3M0 = 0xf0;//IO 口类型设置, P3 口除 P3^4, P3^5, P3^6, P3^7 设置为强推挽类型, 其余均设置为普通 IO 类型
P3M1 = 0x00;//IO 口类型设置
P4M0 = 0x00;//IO 口类型设置, 未使用, P4 口均设置为普通 IO 类型
P4M1 = 0x00;//IO 口类型设置
P5M0 = 0x00;//IO 口类型设置, P5 口均设置为普通 IO 类型
P5M1 = 0x00;//IO 口类型设置
P6M0 = 0x00;//IO 口类型设置, 未使用, P6 口均设置为普通 IO 类型
P6M1 = 0x00;//IO 口类型设置
P7M0 = 0x00;//IO 口类型设置, 未使用, P7 口均设置为普通 IO 类型
P7M1 = 0x00;//IO 口类型设置
```

```
XA=1;//初始化 IO
XB=1;//初始化 IO
YA=1;//初始化 IO
YB=1;//初始化 IO
key=1;//初始化 IO
save=1;//初始化 IO
XEN=1;//初始化 IO
YEN=1;//初始化 IO
relay=1;//初始化 IO
reset=1;//初始化 IO
YAturn=0;//初始化 IO
YBturn=0;//初始化 IO
XAturn=0;//初始化 IO
XBturn=0;//初始化 IO
```

```
while(1)
{
    anjian();//按键函数
    bianma();//编码器函数
    kongzhi();//执行机构控制函数
}
}
```