

同行专家业内评价意见书编号: 20240855047

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名: _____ 李晨

学号: _____ 22160222

申报工程师职称专业类别（领域）: _____ 机械

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2024年03月19日



一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况

本人深入理解可精密装配双臂协作机器人技术的前沿，对于人机协作加工技术中人类操作者的运动灵巧性与机器人的稳定性和精密性如何结合，以及如何在此过程中提升生产效率和产品质量有深刻的理解和掌握。协作机器人相比于工业机器人，从传统制造业的工业生产转向融入人类的日常生活和工作环境，这种转变导致协作机器人与操作人员的交互变得更加频繁和密切，从而带来了一系列需要细致考虑的挑战，包括：1) 如何保障人机交互过程的安全性；2) 如何确保人类能以自然的方式与机器人协作。为了增强人机交互过程的安全性和人机协作的流程性，本人基于嵌入式系统和传感器技术，开展基于飞行时间和自电容式原理的多模态柔性电子皮肤系统设计、制备和性能测试工作，增强现有机器人系统环境感知能力，并为之设计稳定的人机安全交互机制和人机流畅协作机制。申请了两项发明专利：《一种多模态可拓展的交互式柔性机器人皮肤》（已授权）、《一种可拓展可重构的多级感知柔性机器人皮肤》（已授权），获浙江省专业学位优秀实践成果（浙江省学位办评选），《机械工程学报》创刊70周年突出贡献团队成员，同时作为比赛负责人和主要成员的身份参加教育部学位管理与研究生教育司指导举办的全国研究生电子设计竞赛，获国家一等奖、最佳论文奖，全国研究生机器人创新设计大赛，获国家一等奖；参加本领域国际首部企业主办的华为杯嵌入式软件大赛，获杭厦赛区一等奖；此外，专业实践成果研制的柔性电子皮肤（单套价格10万元）已成功应用于电力作业特种机器人上市公司的三十台某型号电力作业机器人（单台机器人价格100万元），直接经济效应3000万元，初步实现了研究成果的产业化落地。

嵌入式系统知识掌握情况（专业基础理论知识）：本人对嵌入式系统设计和开发有深入的理解，包括嵌入式硬件的选择、系统架构设计、嵌入式软件开发以及系统集成和测试。特别是在双臂协作机器人的项目中，我负责开发和优化机器人的控制系统，这要求对多种微控制器（Atmel、ST等）、传感器接口和通信协议（如I2C、SPI、UART、CAN、RS485）有深入的了解。我还熟悉实时操作系统（RTOS）的应用，这对于确保机器人系统的高效、稳定运行至关重要。

传感器技术知识掌握情况（专业技术知识）：在传感器技术方面，我专注于多模态柔性电子皮肤系统的研究，该系统基于飞行时间（ToF）和自电容式原理。我不仅掌握了这些传感器原理的理论知识，还具备将这些原理应用于实际传感器设计和制造的能力。设计并制备了两种类型的多模态柔性电子皮肤并提出相应的复合感知策略。测试了自电容式柔性电子皮肤在检测不同材质/体积/接近速率、移去屏蔽层、重复接近、点接触、滑动接触等各场景的性能表现，绘制出相应的实验图表并计算了信噪比、灵敏度、分辨率、迟滞和重复性误差等关键参数，我深入理解了如何利用这些技术来捕捉和分析从机器人与人类交互中获得的复杂数据。

2. 工程实践的经历

本人在浙江省科创新材料研究院机械工程师的岗位上开展相应实习与专业实践内容，主要职责是负责可精密装配双臂协作机器人设备及涡轮叶片的运行状态管理和维护工作，具体任务是提出一种人机安全交互系统级方案，解决人机协作加工中人和安全性和机器人安全性的问题。



基于对人机安全交互系统级方案调研基础上，本人设计了一种基于飞行时间和自电容原理的接近感知柔性接近传感器单体，并对传感器单体进行了性能测试，给出了传感器的标定曲线、信噪比、灵敏度、分辨率、重复性误差和迟滞等性能指标。结合人机交互场景中的特点和需求，测试了柔性接近传感器的在检测不同材质和体积的外界物体时的性能、贴附在不同曲率的表面时的性能、连续多次弯曲后的耐久性、屏蔽层的工作性能以及温湿度变化时的环境稳定性，为多级感知柔性机器人皮肤系统的设计提供了数据支撑和理论指导。在机器人皮肤单体的基础上，面向实际的可精密装配双臂协作机器人平台设计了一套总线式的多节点机器人皮肤系统，包括皮肤节点的结构设计、节点之间的通信方式设计以及主节点与机器人之间的通信方式设计。

在上述工作的基础上，将整套机器人皮肤系统集成于双臂机器人平台，提出了基于协同共享控制理论的人机安全交互策略。通过协同共享控制的方式，可精密装配双臂协作机器人的各关节的位置和姿态信息由人类操作员与机器人的自主智能控制器相协同进行控制。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例

本实践在设计阵列式飞行时间传感器过程中发现，当传感器数量增加导致到一定程度时，会导致I2C总线寄生电容增大，超过标准模式和快速模式所规定的400 pF最大电容的限制，导致传感器无法正常读数。为了解决上述问题，本实践从I2C底层电路角度分析通信机制，并提出相应的解决方案。

通常认为I2C总线电容由三部分组成，包括PCB电路板电容、主设备电容以及从设备电容，如式（1）所示，这些电容共同影响着总线的信号质量和性能。在本实践设计的读取电路中，PCB板电容和主设备（微控制器）电容已经优化为固定值，因此对I2C总线总电容影响最大的变量是从设备电容的大小及其分布。

$$("C" \text{ "_BUS" } "=" \text{ "C" "_PCB" } "+" \text{ "C" "_MASTER" } "+" \text{ "C" "_SLAVE1" } "+" \text{ "C" "_SLAVE2" } "+" \text{ "C" "_SLAVE3" } "+" \dots \#(1))$$

在I2C通信协议中，SCL和SDA在空闲状态下均为高电平，这是由于I2C总线使用开漏（Open Drain）驱动方式，总线线路上没有主动拉高信号的能力，只能产生低电平状态和高阻态。为了产生高电平状态，必须连接外部上拉电阻，将线路拉高到高电平状态。当I2C总线建立高电平逻辑时，电源给上拉电阻和总线电容“C”_“BUS”

组成RC串联网络充电，其过程和等效网络如图1所示。RC网络的时间常数（ τ ）是衡量电路响应速度的关键参数，时间常数（ τ ）定义为电容充电到其最终电压的63.2%所需的时间，计算公式如式（2）所示。

$$(" \tau = " \text{ "R" "_PULLUP" } " \times " \text{ "C" "_BUS" } \#(2))$$

(a) 总线建立高逻辑电平时I2C总线充电示意图 (b) 等效RC网络

图1 I2C总线建立高电平逻辑时充电情况及等效网络

当I2C总线建立低电平逻辑时，上拉电阻和总线寄生电容“C”_“BUS”组成RC网络放电模型，其过程如图2所示，其中“R”_“DS_ON”为场效应管（FET）导通时电阻，时间常数（ τ ）计算公式如式（3）所示。

$$(" \tau = " \text{ [" (R"] "_PULLUP" } "/" \text{ "R" "_DS_ON" } ") \times " \text{ "C" "_BUS" } \#(3))$$

(a) 等效RC网络 (b) 等效RC网络

图2 I2C总线建立低电平逻辑时放电情况及等效网络

I2C协议的上升阈值和下降阈值定义为供电电源VCC的30%至70%，图3.13详细说明了相关波形及参数。根据式（2）和式（3）的对比分析，I2C总线在建立低电平逻辑时，由于FET的导通



电阻“R”_{DS_ON}（约5 Ω至133 Ω）远小于上拉电阻“R”_{PULLUP}（1 kΩ至10 kΩ），因此在总线电容一定时，下降时间将显著短于上升时间。总线电容的过大导致上升时间延长，超过协议规定的最大上升时间“t”_{RISE MAX}，则是传感器无法正常读数的根本原因。

图3 I2C协议上升时间和下降时间的波形及相关参数

为了实现减小上升时间的目标，可以采取降低上拉电阻或总线电容的措施。然而上拉电阻存在下限值，以避免FET导通电压“V”_{OL}高于I2C上升阈值电压“V”_{IL}的情况，造成无法正确检测逻辑低电平的问题。在确定上拉电阻后，可通过调整总线电容来控制上升时间。读取电路选用I2C中继器将单个总线电容细分为两个独立的总线电容，这允许根据两条独立总线中总线电容和独立使用的上拉电阻来改变上升时间，其作用原理如图4所示。当未使用I2C中继器单个总线电容超过400

pF，使用I2C中继器后总线电容细分为两个独立的总线电容，分别为320 pF和310 pF，满足本实践的对于I2C通信的要求。

(a) 使用I2C中继器前总线寄生电容分布情况

(b) 使用I2C中继器后总线寄生电容分布情况

图4 使用I2C中继器后总线寄生电容分布情况变化

本实践选用了德州仪器公司生产I2C中继器，其供电电压为3.3 V，采用VSSOP-8封装（Very Shrink Small Outline Package，甚缩小外形封装）。它其具备双向传输功能，能够隔离和转换不同电压水平的I2C总线，增强系统的灵活性和兼容性。



(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
一种多模态可拓展的交互式柔性机器人皮肤	授权发明专利	2023年12月19日	专利号: ZL 2022 1 0095297.9	2/6	导师一作, 本人二作
一种可拓展可重构的多级感知柔性机器人皮肤	授权发明专利	2023年07月07日	专利号: ZL 2022 1 0093770.X	2/6	导师一作, 本人二作
全国研究生电子设计竞赛国赛一等奖	获奖	2023年08月10日	编号: GEDC - 02230500234	1/3	教育部举办的“研究生创新实践系列大赛”

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】



(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 84 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1.1 年 (要求1年及以上) 考核成绩： 88 分 (要求80分及以上)
本人承诺	
<p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名：李晨</p>	



浙江大学研究生院

攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22160222	姓名: 李晨	性别: 男	学院: 工程师学院	专业: 机械	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 24.0学分	已获得: 25.0学分		入学年月: 2021-09								
学位证书号: 1033532024602205	毕业证书号: 103351202402600431		授予学位: 机械硕士								
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2021-2022学年秋季学期	先进合金材料及工程研究		2.0	86	专业学位课	2021-2022学年秋季学期	研究生论文写作指导		1.0	94	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	金属学原理与加工工艺学		2.0	84	专业学位课	2021-2022学年春季学期	金属材料制造与评价实践		1.0	86	专业选修课
2021-2022学年秋季学期	机器人技术		2.0	87	专业选修课	2021-2022学年夏季学期	材料现代研究方法与应用		2.0	94	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	现代测试技术		2.0	86	专业选修课	2021-2022学年夏季学期	工程伦理		2.0	88	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	中国特色社会主义理论与实践研究		2.0	92	公共学位课	2021-2022学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	85	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	标准与知识产权		2.0	91	专业选修课	2022-2023学年秋季学期	研究生英语		2.0	84	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	数据分析的概率统计基础		3.0	73	专业选修课	2022-2023学年春季学期	研究生英语基础技能		1.0	75	公共学位课

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2024-04-02

证书号第6564123号



发明专利证书

发明名称：一种多模态可拓展的交互式柔性机器人皮肤

发明人：杨赓;李晨;庞高阳;侯泽阳;徐凯臣;杨华勇

专利号：ZL 2022 1 0095297.9

专利申请日：2022年01月26日

专利权人：浙江大学

地址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

授权公告日：2023年12月19日

授权公告号：CN 114347063 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



证书号 第6564123号

专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年01月26日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

申请日时本专利记载的申请人、发明人信息如下：

申请人：

浙江大学

发明人：

杨赓;李晨;庞高阳;侯泽阳;徐凯臣;杨华勇

证书号第6124538号



发明专利证书

发明名称：一种可拓展可重构的多级感知柔性机器人皮肤

发明人：杨赓;李晨;庞高阳;侯泽阳;徐凯臣;杨华勇

专利号：ZL 2022 1 0093770.X

专利申请日：2022年01月26日

专利权人：浙江大学

地址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

授权公告日：2023年07月07日

授权公告号：CN 114536355 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨





证书号 第6124538号

专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年01月26日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

申请日时本专利记载的申请人、发明人信息如下：

申请人：

浙江大学

发明人：

杨赓;李晨;庞高阳;侯泽阳;徐凯臣;杨华勇

荣誉证书

参赛单位：浙江大学

参赛作品：赋能安全机器人-柔性电子皮肤开发与应用

指导教师：杨赓

参赛队员：李晨 汪若茵 张光伟

在“兆易创新杯”第十八届中国研究生电子设计竞赛中，
荣获全国总决赛团队一等奖，特此表彰！

中国学位与研究生教育学会

中国科协青少年科技中心

中国电子学会

编号：GEDC-02230500234

二零二三年八月