

دانشكده مهندسی برق

طراحی پردازنده 32 بیتی با معماری RISC-V

محل کارآموزی:

پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت ایران

آزمایشگاه طراحی مدار مجتمع دیجیتال

نام دانشجو:

آروین دلاوری

نام استاد کارآموزی:

آقای دكتر میرزاکوچکی

ترم تابستان 1402



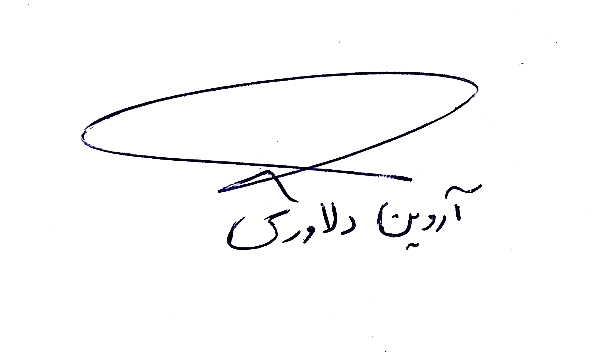
تأييديه‌ي صحت و اصالت نتايج

**بسمه تعالي**

اينجانب آروین دلاوری به شماره دانشجويي 99411497 دانشجوي رشته مهندسی برق – گرایش الکترونیک مقطع تحصيلي کارشناسی تأييد مي‌نمايم كه كليه‌ي مطالب مندرج در این گزارش حاصل 300 ساعت حضور و کار اينجانب در آزمایشگاه طراحی مدار مجتمع دیجیتال پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت ایران و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداري‌شده از آثار ديگران را با ذكر كامل مشخصات منبع ذكر كرده‌ام. درصورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخيص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاكم آموزشي، پژوهشي و انضباطي با اينجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض درخصوص احقاق حقوق مكتسب و تشخيص و تعيين تخلف و مجازات را از خويش سلب مي‌نمايم.

نام و نام خانوادگي: آروین دلاوری

امضا و تاريخ: 1 / 7 / 1402



تشكر و قدرداني:

جناب آقای دکتر میرزاکوچکی

جناب آقای دکتر شاه حسینی

جناب آقای مهندس فراز قریشی

جناب آقای مهندس امیر افشار

جناب آقای مهندس آرین حاجی زاده

جناب آقای مهندس عرفان ریاضتی

سرکار خانم مهندس مائده قادری

چکيده

در طول دوره کارآموزی سپری شده در آزمایشگاه طراحی مدار مجتمع دیجیتال، واقع در پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت ایران، بنده و جناب آقای مهندس فراز قریشی به صورت گروهی موفق به طراحی یک پردازنده 32 بیتی با معماری RISC-V شدیم که توانایی های قابل توجهی دارد. این پردازنده دارای ویژگی های بسیاری مانند طراحی ماژولار و گسترش پذیر، واحد کنترل غیر متمرکز، پایپلاین 5 مرحله ای، واحد تشخیص وابستگی داده و رفع انواع وابستگی ها و ... می‌باشد. همچنین نرم افزار هایی طراحی کردیم برای سستم عامل های ویندوز و لینوکس که اجرا و شبیه سازی برنامه های مختلف به زبان C و زبان Assembly روی پردازنده طراحی شده را محقق می‌سازد. در پایان نیز با استفاده از نرم افزار های سنتز سخت افزار مدار های مجتمع، طراحی انجام شده با استفاده از زبان های توصیف سخت افزار، طراحی فیزیکی تراشه پردازنده انجام و نهایی شد.

واژه‌هاي كليدي:طراحی سیستم های دیجیتال – طراحی مدار مجتمع فشرده – معماری کامپیوتر – طراحی پردازنده – معماری RISC-V

[فصل 1: معرفی واحد کارآموزی 1](#_Toc16262960)

[1-1- معرفی محل کارآموزی 2](#_Toc16262961)

[فصل 2: مشروح فعالیت های انجام شده 3](#_Toc16262964)

[2-1- مقدمه 4](#_Toc16262965)

[2-2- محاسبات تقریبی 4](#_Toc16262966)

[2-2-1- توضیح محاسبات تقریبی 4](#_Toc16262967)

[2-2-2- طراحی ضرب کننده تقریبی 4](#_Toc16262967)

[2-3- طراحی پردازنده 32 بیتی RISC-V 5](#_Toc16262968)

1. [2-3-1- تیتر دوم 5](#_Toc16262969)

[2-3-1-1- تیتر سوم 5](فرمت%20گزارش.docx)

[2-4- نتيجه‌گيري 5](#_Toc16262971)

[فصل 3: نتیجه گیری و پیشنهادها 6](#_Toc16262972)

[3-1- مقدمه 7](#_Toc16262973)

[3-2- محتوا 7](#_Toc16262974)

[3-2-1- علت انتخاب روش 7](#_Toc16262975)

[3-2-1-1- تشريح كامل روش تحقيق 7](#_Toc16262976)

[فصل 4: مراجع 8](#_Toc16262977)

[فصل 5: پيوست‌ها 10](#_Toc16262978)

[5-1- پيوست الف 11](#_Toc16262979)

[5-2- پیوست ب 11](#_Toc16262980)

[شکل (2-1) نمونه شکل 4](#_Toc523815779)

[جدول (2-1) نتيجه بررسي پرسش نامه ها در ارتباط با عوامل موثر 4](#_Toc523815780)

1. معرفی حوزه کارآموزی
   1. معرفی محل کارآموزی

دوره کارآموزی اینجانب در تابستان سال 1402 در آزمایشگاه طراحی مدار مجتمع دیجیتال، واقع در پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت ایران سپری شد. این آزمایشگاه تحت سرپرستی جناب آقای دکتر میرزاکوچکی، استاد گروه الکترونیک دانشگاه علم و صنعت می‌باشد. از امکانات آزمایشگاه که در طول کارآموزی برای آزمون و بررسی طرح های دیجیتال ساخته شده، استفاده کردیم میتوان به برد های FPGA از برند Xilinx و خانواده Spartan 6 و ZYNQ 7010 اشاره کرد.

پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت ایران در سال 1376 با هدف ارائه خدمات پژوهشی در زمینه الکترونیک شامل ابزار دقیق و اتوماسیون، اندازه گیری الکترونیکی، نیمه هادی و طراحی مدار تاسیس گردید. از بدو تاسیس تاکنون آزمایشگاههای تخصصی متنوعی، از جمله آزمایشگاه نیمه هادی، آزمایشگاه طراحی مدارات مجتمع، آزمایشگاه تئوری اطلاعات، آزمایشگاه کنترل حرکت پیشرفته و ... در این پژوهشکده فعال بوده‌اند و پروژه‌های صنعتی متعددی در این آزمایشگاه‌ها به انجام رسیده است.

تحولات شگرفی که در سالیان اخیر در صنعت الکترونیک و حوزه‌های مرتبط با آن به وجود آمده است، در کنار نیازها، تقاضاها و شرایط جدیدی که در کشور عزیزمان مطرح شده است، منجر به طرح ایده بازنگری در ساختار و برنامه‌های پژوهشکده شد و درنهایت با توجه به محدودیتهای موجود، برنامه راهبردی پژوهشکده در سال 1391 تدوین و ارائه گردید. بر اساس این برنامه، اهداف بلند مدت و جامع بر اساس نیاز و تقاضاهای موجود تعریف شده‌اند و در راستای تحقق اهداف مورد نظر، حوزه فعالیت‌های پژوهشکده گسترش یافته است. در برنامه راهبردی پژوهشکده، تبدیل دانش به فناوری و محصولات فناورانه به عنوان رویکرد محوری پژوهشکده تعریف شده است. همچنین استفاده از ظرفیت محققین و اعضاء هیئت علمی جوان مورد توجه قرار گرفته است.

هم اکنون این پژوهشکده با بهره گیری از تجهیزات پیشرفته در حوزه‌های مختلف، مانند دستگاه لایه نشانی MBE و دستگاههای اندازه گیری منحصر به فرد، در حوزه‌ طراحی و ساخت افزاره‌های نیمه هادی الکترونیکی و نوری، طراحی و ساخت حسگرهای رادیوئی و نوری، سیستمهای الکترونیکی هوا-فضا و اویونیک، سیستمها و شبکه‌های صنعتی، فناوری اطلاعات و ... به فعالیت خود ادامه می‌دهد.

1. مشروح فعالیت های انجام شده در محل استقرار
   1. مقدمه

دوره کارآموزی ابتدا با مطالعه و تحقیقات در زمینه معماری کامپیوتر و تکنیک های نوین طراحی دیجیتال آغاز شد و در پایان با پیاده سازی چندین طرح مختلف در زمینه های ذکر شده به ثمر رسید. برای انجام آموزش های ابتدایی جهت ورود به تحقیقات و انجام پروژه، از منابع معتبر خارجی مانند مقالات بین المللی کنفرانسی و ژورنالی تحت نظارت IEEE [1]، کتاب های مرجع شناخته شده در زمینه های مربوط، دوره ها و ویدئو های آموزشی ضبط شده توسط دانشگاه های معتبر مانند دانشگاه کالیفرنیا برکلی[2] ، پرینستون[3] ، ای تی اچ زوریخ [4]و ... استفاده شده است. موضوع مورد بررسی قرار گرفته در این دوره به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود: 1 – محاسبات تقریبی 2 – معماری کامپیوتر، که در در دسته دوم بصورت تخصصی تر به معماری معروف و نوپای RISC-V [5] پرداخته شد.

* 1. محاسبات تقریبی
     1. توضیح محاسبات تقریبی: محاسبات تقریبی، موضوع جدید و مورد بحثی در طراحی دیجیتال می‌باشد که هدف از بررسی و تحقیق در این زمینه، بهبود سرعت، مساحت و توان مصرفی طرح های دیجیتال مورد استفاده در واحد های پردازشگر می‌باشد. با جایگزینی واحد های محاسباتی تقریبی با میزان خطای منطقی و قابل قبول، به جای واحد های محاسباتی دقیق ما به مزایای دیگری مانند سرعت و یا توان مصرفی کمتر دست پیدا می‌کنیم. خیلی از عملیات های ریاضی مانند جمع، ضرب، تقسیم، رادیکال و ... توانایی پذیرش تقریب در مرحله پیاده سازی مداری را دارند. تکنیک ها و استاندارد های مختلفی برای تقریبی کردن یک واحد عملیاتی در مدار های مختلف وجود دارد. امروزه از محاسبات تقریبی در مباحث بسیاری مانند هوش مصنوعی، پردازش تصویر، یادگیری ماشین، شبکه های عصبی و ... استفاده می‌شود.
     2. طراحی ضرب کننده تقریبی: در دنباله مطالعات ما در زمینه محاسبات تقریبی، ما به مقاله ای در زمینه طراحی یک ضرب کننده تقریبی با خطای قابل کنترل و تغییر توسط کاربر برخورد کردیم. این مقاله که توسط تیمی ژاپنی [6] در کنفرانس علوم کامپیوتر IEEE به چاپ رسیده بود. ما ابتدا ضرب کننده ارائه شده در مقاله را مجددا با زبان توصیف سخت افزار وریلاگ پیاده سازی و شبیه سازی کردیم و موفق شدیم به نتایج درست که در مقاله اصلی ارائه شده بود دست پیدا کنیم. بعد از شکل دادن معماری کامل ضرب کننده، با ایجاد تغییر در مدار های جمع کننده (Full Adder) میانی، توانستیم مدار جدیدی برای ضرب کننده ی تقریبی با معماری مد نظر ارائه بدیم. این مدار از نظر زمانی بهینه تر از مدار ارائه شده در مقاله اصلی می‌باشد. نتایج ضرب کننده ها در فصل سوم ارائه و با هم مقایسه خواهد شد.
  2. طراحی پردازنده 32 بیتی RISC-V

گزارش کارآموزی باید شامل تمام اطلاعات مرتبط با فعالیت­های انجام شده کارآموز اعم از تحقیقاتی، آزمایشگاهی، طراحی و .... در سرفصل­های مجزا باشد.

* + 1. تحقيقاتي

متن

* + 1. آزمايشگاهي

متن

* + 1. طراحي

متن

* + 1. تعميرات

متن

* + 1. ترجمه متون علمي

متن

* + 1. برنامه نويسي

**متن**

* + 1. مديريتي

متن

* + 1. نظارت

متن

* + 1. امور اجرايي

متن

* + - 1. تیتر سوم

در هر بخش در صورت وجود توضیحات و تقسیم بندی وارد شود

* 1. نتيجه‌گيري

متن

1. نتیجه گیری و پیشنهادها
   1. مقدمه

متن

* 1. محتوا

متن

* + 1. خلاصه فعالیت (های) انجام شده

متن

* 1. اعلام پیشنهادهایی برای رفع چالش های حوزه/واحد کارآموزی

متن

1. مراجع

مراجع

1. IEEE
2. Berkeley
3. Princeton
4. ETH Zurich
5. RISC-V
6. A Low-Power High-Speed Accuracy-Controllable Approximate Multiplier Design
7. پيوست‌ها
   1. پيوست الف

در صورت وجود نمودارها یا توضیحات تکمیلی

* 1. پیوست ب

متن