

طراحی کنترل کننده فازی با VHDL

داوود رحیمی
دانشکده برق، دانشگاه هوایی
شهید ستاری،
میدان شمشیری، خیابان آزادی، تهران،
ایران.
کد پستی: ۱۳۸۴۶۶۳۱۱۳
پست الکترونیکی:
rahimi_davood@yahoo.com

امین رمضانی
دانشکده مهندسی برق، دانشگاه
صنعتی شریف تهران،
خیابان آزادی، تهران، ایران.
کد پستی: ۱۱۳۶۵۹۳۶۳
پست الکترونیکی:
aminramezani@mehr.sharif.edu
amin_rz2002@yahoo.com

چکیده: در این مقاله شیوه ای برای طراحی یک کنترل کننده فازی ساده توسط زبان تشریح سخت افزار VHDL ارائه شده است. کنترل کننده منطق فازی (FLC) در طی سالهای اخیر پیشرفت چشمگیری در کنترل سیستمهای پیچیده کرده است. هر کنترل کننده فازی از سه بخش فازی ساز، پایگاه دانش و فازی زدا تشکیل شده است. کنترل کننده پیاده سازی شده در این مقاله شامل دو ورودی، دو خروجی و هفت تابع عضویت برای هر یک از ورودیها و خروجیها می باشد. در نهایت از تراشه FPGA برای پیاده سازی کنترل کننده استفاده شده است.

کلمات کلیدی: کنترل کننده فازی، آرایه های منطقی برنامه پذیر، زبانهای تشریح سخت افزار.

۱-مقدمه

درسهای گذشته علیرغم پیشرفتهای زیادی که در طراحی مدارات الکترونیکی صورت میگرفت، متأسفانه به علت مشکلاتی که در پیاده سازی مدارات بود سیر ورود الکترونیک و به تبع آن مسائل مرتبط با الکترونیک درسیستمهای واقعی به کندی صورت میگرفت. لذا ایجاد شیوه های نوین در پیاده سازی مدارات همواره یکی از مسائل مورد تحقیق پژوهشگران بوده است که در این میان گرایش به سمت قطعات ازپیش ساخته جهت سادگی کار طراحان بیش ازگرایش به سمت سایر گزینه ها بوده است. نتیجه این امر طراحی و پیشرفت روز افزون ساخت مدارات مجتمع یا همان آی سی ها بوده است که هم اکنون کار را از این مرحله پیشتر رفته است و تراشه FPGA به بازار ارائه

شده است که میتوان گفت یک آی سی قابل برنامه ریزی برای کاربرد ویژه می باشد.

در این مقاله با استفاده از فناوری جدید تراشه های FPGA دست به طراحی یک آی سی کنترل کننده فازی زده شده است. این امر سبب صرفه جویی در خور توجهی در وقت و هزینه طراحی شده است و از سوی دیگر دقت و کارآیی طرح به اندازه کافی است و نیازهای کاربر را برآورده می کند. با این شیوه کاربر میتواند خواسته های خود را توسعه داده و طراح نیز فارغ از درگیریها و مشکلات پیاده سازی به طراحی مدار مشغول گردد.

در بخش ابتدایی این مقاله بخشهای مختلف کنترل کننده فازی تشریح شده اند و در کنار آن سعی شده است که تکیه بیشتری برکنترل کننده پیاده سازی شده در این مقاله و تشریح خصوصیات آن باشد. در بخش بعد در مورد شیوه پیاده سازی جدید و چگونگی اعمال آن بر روی کنترل کننده مورد نظر بحث شده است. در انتها نتایج عملی کار و خصوصیات سخت افزار حاصل فهرست شده اند.

۲- کنترل کننده فازی

کنترل کننده منطق فازی در سالهای اخیر پیشرفت چشمگیری در کنترل سیستمهای پیچیده غیر خطی داشته است و در بسیاری از موارد به عنوان گزینه مناسب تری نسبت به کنترل کلاسیک پیشنهاد میگردد. کنترل کننده فازی شیوه ای است که بر اساس تجربه و دانش انسانی و عدم قطعیت موجود در پروسه ها بنا شده است. در این شیوه سیستم پیچیده را بر اساس فهم و تجربه به زیر سیستمهای ساده تر تفکیک می کنند و هر بخش را با قوانین ساده کنترل می کنند. کنترل کننده نهایی برای کل سیستم از ترکیب تمام کنترل کننده های محلی به دست می آید. یک کنترل کننده فازی مشتمل بر سه بخش زیرمی باشد [۱].

۲-۱- بخش فازی ساز

این بخش بر اساس توابع عضویت ورودی، داده های ورودی قطعی را به ورودیهای فازی تبدیل می کند. در این مقاله، برای هر ورودی هفت تابع عضویت تک نقطه ای بدون همپوشانی با برچسبهای مثبت بزرگ PL، مثبت متوسط PM، مثبت کوچک PS، صفر Z، منفی کوچک NS، منفی متوسط NM، منفی بزرگ NL تعریف شده است.

عملیات فازی سازی در سه مرحله مقایسه، دیکد کردن و هماهنگ سازی برای دستیابی به خروجی مطلوب صورت میگیرد. مرحله مقایسه را میتوان با تغییر پارامترهای مقایسه گر های موجود در مسیر عملیات تنظیم کرد. در صورت تغییر در مقایسه گر باید سطوح هماهنگ ساز نیز مورد ارزیابی قرار گیرند تا بتوان خروجی مطلوب را بدست آورد. برنامه نرم افزاری به کاربر اجازه تغییر شکل توابع عضویت را می دهد هرچند برچسبها و تعداد توابع عضویت ثابت است.

۲-۲- بخش پایگاه دانش

این بخش وزن خروجی هر قانون را بوسیله ماشین استنتاج و با توجه محتویات پایگاه قوانین تعیین میکند. پایگاه داده برای دو ورودی و دو خروجی و بر اساس هفت تابع عضویت تعریف شده در ابتدای پیاده سازی شده است و دارای ۴۹ قانون است که بر اساس تجربه و کارآیی موثر سیستم بدست آمده اند. در این سیستم زاویه کار سیستم و

مشتق آن به عنوان ورودی کنترل کننده در نظر گرفته شده اند و حرکت به سمت چپ و راست به عنوان خروجی ها در نظر گرفته شده اند. بررسی هر کدام از این قوانین ده سیکل ساعت طول می کشد که با توجه به تعداد زیاد قوانین باعث کندی عملیات استنتاج خواهد شد. لذا همواره در طراحی باید مسئله بهینه کردن پایگاه قوانین لحاظ شود.

۲-۳- بخش فازی زد

این بخش خروجی های قطعی را با استفاده از وزنهای حاصل از مرحله قبل محاسبه می کند. برای انجام این کار، از توابع عضویت خروجی به صورت قطعی در نظر گرفته شده اند که شیوه بسیار ساده ای می باشد و در آن توابع عضویت خروجی به صورت مربعی و بدون همپوشانی در نظر گرفته میشوند. این بخش به صورت خط لوله ای (Pipeline) با دیگر بخشها است بگونه ای که تا زمانی که دیگر بخشها کارشان تمام نشود این بخش عملیات صحیح انجام نمی دهد.

جدول ۱. توصیفگر های زبانی.

Label	High Value	Low Value
Positive Large	Infinity (16 bits)	8
PositiveMedium	8	4
Positive Small	4	1
Zero	0	0
NegativeSmall	-1	-4
NegativeMedium	-4	-8
NegativeLarge	-8	-Infinity (16 bits)

۲- پیاده سازی کنترل کننده فازی

در طول سالیان گذشته راهکارهای جدیدی برای تحلیل، طراحی و پیاده سازی کنترل کننده های فازی ارائه شده است. به عنوان یک دسته بندی عمومی، دو شیوه عمده در این مسیر وجود دارد: اولین شیوه استفاده از پردازنده های همه منظوره در طراحی نرم- افزاری/سخت افزاری می باشد و دومین شیوه استفاده از مدارات با کاربرد خاص (ASIC) است. شیوه اول قدرت پشتیبانی از محاسبات غیرفازی را داراست ولی سرعت استنتاج در این شیوه پائین است. در حالیکه

شیوه دوم مدار نهایی از سرعت استنتاج قابل قبولی برخوردار است. برای طراحی با مدارات با کاربرد خاص (ASIC)، ابتدا مدار را بوسیله یکی از زبانهای تشریح سخت افزار مرسوم در یک محیط نرم افزاری پیاده سازی کرده و پس از تهیه کد نرم افزاری مناسب بوسیله مولد های کد، آن را روی یکی از آرایه های منطقی برنامه پذیر (PLA) بار می کنند. آرایه منطقی برنامه پذیر یک مدار مجتمع مشتمل بر تعداد زیادی سلول منطقی برنامه پذیر است که توسط ماتریسی از سیمها و کلیدهای قابل برنامه ریزی با هم ارتباط دارند. در واقع این طرح نرم افزاری کاربر است که به هر سلول یک تابع منطقی نسبت می دهد. برنامه ریزی PLA بوسیله نرم افزارهای مخصوص صورت می گیرد. این نرم افزارها طرح گرافیکی یا متن تشریح سخت افزار (HDL) را به کد قابل بار کردن بر روی تراشه ترجمه می کنند. هنگام طراحی و مدلسازی با زبانهای تشریح سخت افزار، ابتدا طرح را به بخشهای کوچکتر به نام جزء (Component) تقسیم کرده و آن را در یک موجودیت (Entity) شرح میدهند. سیستم کلی از طراحی و کنار هم چیدن سلسله مراتبی این موجودیتها حاصل خواهد شد [۲،۳].

۴- کنترل کننده فازی نهایی

در این مقاله، برای طراحی و پیاده سازی یک کنترل کننده فازی ساده از VHDL برای تشریح سخت افزار فازی و از FPGA، یکی از پر کاربرد ترین PLA ها، برای پیاده سازی سخت افزار فازی استفاده شده است. کنترل کننده فازی مورد نظر، دارای دو ورودی، دو خروجی و هفت تابع عضویت برای هر ورودی و خروجی می باشد. تمام بخشهای کنترل کننده فازی توسط کد های جداگانه تشریح شده اند و برای هر کدام برنامه آزمایش صحت نیز نوشته شده است. سپس توسط کد کنترل کننده این سه بخش با هم ترکیب شده است. ضمن آنکه این کد کارهای دیگری نظیر گرفتن داده های قطعی ورودی و کار با خروجی ها را نیز انجام می دهد که قابل حذف شدن توسط کاربر میباشند. کنترل کننده فازی حاصل هر چند دارای طرح بزرگ و کند است ولی در حد معمول دارای قابلیت های مفیدی است. شماره آی سی استفاده شده در این عملیات FLEX10K میباشد که نتیجه کار دارای مشخصه های زیر میباشد:

- میزان سلولهای استفاده شده روی FPGA : ۳۱ %

- ماکزیم فرکانس کار کنترل کننده : ۲۵ KHZ

با بکارگیری تکنیکهایی نظیر پایگاه قوانین خط لوله ای میتوان فرکانس بیشینه را افزایش داد و همچنین با محدود کردن قوانین به قوانین مفیدتر می توان ضمن حفظ کارایی، میزان سلولهای مصرفی را نیز کاهش داد.

۵- نتیجه گیری

طراحی مدارات بوسیله آرایه های منطقی برنامه پذیر و با کمک زبانهای تشریح سخت افزار باعث ایجاد تحول بزرگی در عملیات طراحی و پیاده سازی مدارات مختلف شده است. سیستمهای کنترلی نیز از این قاعده مستثنی نبوده اند و می توان جهت کنترل سیستم به شیوه های متفاوت، کنترل کننده را به این شیوه طراحی و پیاده سازی کرد که همانگونه که در این مقاله نشان داده شد عملیات طراحی به سادگی انجام شده و باعث صرفه جویی در وقت و هزینه خواهد شد. ضمن آنکه دقت و کارایی مدار حاصل قابل قبول است.

۶- سیاست‌گذاری

در اینجا جا دارد از همکاری صمیمانه دکتر شاه حسینی در دانشگاه شهید بهشتی تهران در زمینه نرم افزار پروژه و دکتر ساداتی در دانشگاه صنعتی شریف تهران به سبب همکاری در زمینه مبحث فازی پروژه و دکتر حائری در دانشگاه صنعتی شریف تهران به خاطر راهنمایی در زمینه ارائه مقاله تشکر و قدردانی شود.

مراجع

- [1] **Salcic Z.**, “High-speed customizable Fuzzy Logic Processor: Architecture and Implementation”, IEEE TRANSACTION ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 31, NO. 6, November 2001, pp 731-737.
- [2] **Salapoura V. and Gshwind M.**, “Hardware/Software Co-design of a Fuzzy Risc Processor”, First International IEEE Symposium on Intellegent Systems, September 2002.
- [3] **Cirstea M., Khor J., and McCormick M.**, “FPGA Fuzzy Logic Controller for Variable Speed Generator”, Proceeding of 2001 IEEE International Conference on Control Applications, September 5-7, 2001, pp 301-304.