

طراحی و ساخت دستگاه تست آگزلیاری کنتاکت

ابوالفضل ناطقی

دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه زنجان
Email: abolfazl_nateghi@yahoo.com

عباس لطفی

دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه زنجان
Email: abbass_lotfi_ee@yahoo.com

چکیده: شرکت پارس سوئیچ یکی از سازندگان انواع دژنکتور و سکسیونر در داخل کشور می باشد. آگزلیاری کنتاکت به عنوان یک کنتاکت مکانیکی، قطعه ای است که در کنترل عملکرد دژنکتورهای ساخته شده توسط این شرکت بکار می رود و در صورت عملکرد ناصحیح این قطعه، دژنکتور نیز به درستی کار نخواهد کرد. با توجه به اهمیت این موضوع، دستگاه تست آگزلیاری کنتاکت برای تنظیم عملکرد دقیق این قطعه ساخته شد. این دستگاه تست جدید نسبت به دستگاه تست مورد استفاده توسط شرکت پارس سوئیچ دارای مزایایی بود که از آن جمله می توان به دقت بسیار بالای دستگاه، عدم تأثیر خطای اپراتور در انجام تست، انجام تست برای ۱۳ جفت کنتاکت بطور همزمان و استفاده از تکنولوژی FPGA در ساخت این دستگاه اشاره کرد. این دستگاه، با توجه به روش ساختی که در آن بکار رفته است می تواند برای تست انواع کنتاکت های مکانیکی بکار رود.

کلمات کلیدی: آگزلیاری کنتاکت ، انکودر، FPGA

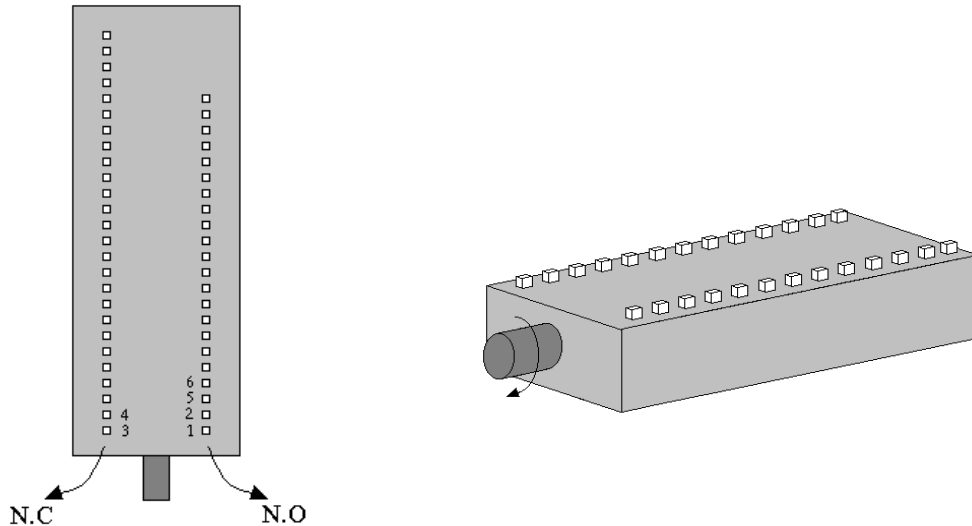
۱- مقدمه:

هنگامی که قطعه ای توسط کارخانه ای خریداری می شود، آن قطعه در قسمت کنترل ورودی کنترل می شود تا با استانداردهای مربوطه همخوانی داشته باشد. کنتاکت آگزلیاری نیز یکی از قطعاتی است که توسط شرکت پارس سوئیچ خریداری می شود و از این قاعده مستثنی نیست، لذا برای این منظور همانطور که ذکر شد از یک سیستم دستی متشکل از یک صفحه مدرج مجهز به عقربه متحرک استفاده می شد، بدین صورت که عقربه روی صفحه مدرج بصورت دستی حرکت داده می شد و همزمان به کمک یک اهم متر وضعیت کنتاکت ها بررسی شده و زوایای مورد نیاز ثبت می گردید. اما همان طور که در قسمت های بعدی ساختمان و عملکرد دقیق یک آگزلیاری کنتاکت ذکر می شود، مشاهده خواهد گردید که انجام عملیات فوق به صورت دستی امری طولانی و خسته کننده می باشد و با توجه به انجام این عملیات به صورت دستی و امکان خطای دید اپراتور، نتایج به دست آمده از صحت کامل برخوردار نخواهد بود. از جمله مزایای دیگر این دستگاه تست همانطور که اشاره شد، قابلیت استفاده در کنتاکت های مشابه، کنترل و نمایش حرکت های دورانی و حتی خطی در دستگاه های مکانیکی می باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده پروژه ساخت یک دستگاه که بتواند بطور همزمان کنتاکت های دو ردیف را تست کرده و زوایای مورد نیاز را ذخیره و نمایش دهد، با درخواست واحد کنترل کیفیت شرکت پارس سوئیچ در دست طراحی قرار گرفت. کار طراحی و ساخت کامل این پروژه در حدود پنج ماه به طول انجامید که کلیه مراحل طراحی و ساخت این دستگاه در ادامه بررسی می گردد.

۲- معرفی آگزلیاری کنتاکت (Auxiliary Contact):

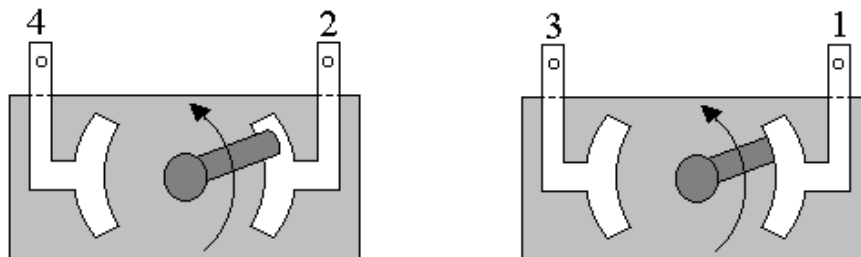
این قطعه در مکانیزم عمل کلیدهای فشار قوی بکار برده می شود و در حقیقت یک کنتاکت مکانیکی است، بدین معنی که دارای تعدادی کنتاکت می باشد که با اعمال یک نیروی مکانیکی دورانی به محور این قطعه، کنتاکت های موجود قطع و وصل می گردند. نمونه یک آگزلیاری کنتاکت در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمونه یک آگزلیاری کنتاکت

شکل ۲- نمونه یک آگزلیاری کنتاکت با دید از بالا

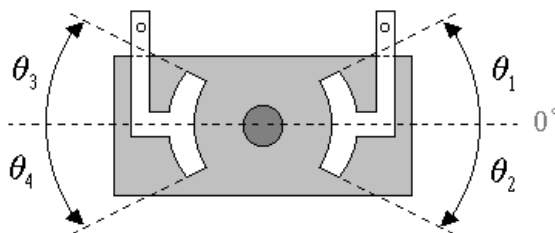
آگزلیاری کنتاکت دارای دو ردیف کنتاکت بوده که کنتاکت های ردیف اول N.O و ردیف دوم N.C می باشند. در هر ردیف نیز کنتاکت ها به صورت جفتی (دو تایی) با یکدیگر ارتباط دارند. بطور مثال در شکل ۲ و در شکل ۳، کنتاکت های ۱ و ۲ با همدیگر، کنتاکت های ۳ و ۴ با همدیگر و کنتاکت های ۵ و ۶ با یکدیگر ارتباط دارند و با چرخش محور آگزلیاری کنتاکت به یکدیگر وصل و یا از همدیگر قطع خواهند داشت. در هنگام حرکت دورانی محور این قطعه نیز، زمانی که کنتاکت های ردیف اول وصل هستند، کنتاکت های ردیف دوم قطع می باشند. در یک آگزلیاری کنتاکت نمونه که در کلیدهای فشار قوی نوع HPL و LTB استفاده می گردد، جمعاً ۲۶ جفت کنتاکت وجود دارد.



شکل ۳- نمای داخل آگزلیاری کنتاکت با دید از روبرو (با توجه به شماره گذاری شکل ۲)

۳- پارامترهای آگزلیاری کنتاکت:

پارامترهای آگزلیاری کنتاکت، در واقع همان زوایای قطع و وصل تیغه های کنتاکت می باشد و هدف اصلی از انجام این پروژه، اندازه گیری دقیق این زوایا می باشد. لذا در این قسمت به معرفی این زوایا می پردازیم.



شکل ۴- پارامترهای آگزلیاری کنتاکت

۳-۱-زاویه های θ_1 و θ_2 :

مقدار زوایای مثلثاتی که اگر محور آگزلیاری کنتاکت به اندازه این زوایا و در جهت های نشان داده شده بچرخد، کنتاکت های ردیف اول همواره وصل می باشند و پس از طی این زوایا، این کنتاکت ها قطع خواهند شد.

۳-۲-زاویه های θ_3 و θ_4 :

مقدار زوایای مثلثاتی که اگر محور آگزلیاری کنتاکت به اندازه این زوایا و در جهت های نشان داده شده بچرخد، کنتاکت های ردیف دوم همواره وصل می باشند و پس از طی این زوایا، این کنتاکت ها قطع خواهند شد.

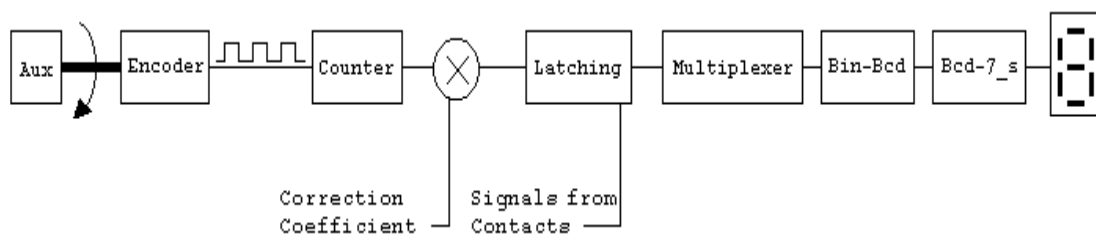
۳-۳-میزان لقی محور چرخشی کنتاکتور:

مقدار زاویه ای که اگر محور آگزلیاری کنتاکت به آن اندازه چرخانده شود، به علت لقی موجود در اتصالات داخلی کنتاکتور، تیغه موجود بر روی محور کنتاکتور حرکت نخواهد کرد. در واقع این پارامتر به عنوان خطای عملکرد این قطعه مطرح می گردد.

هنگامی که محور آگزلیاری کنتاکت به کمک یک اهرم چرخانده شده و اهرم به زاویه θ_1 یا θ_2 برسد، بایستی همه کنتاکت های ردیف راست (بجز کنتاکت های خاص) همزمان قطع گردند. اما اگر در قطعات داخلی کنتاکتور و تیغه های کنتاکت ها تلرانس برش وجود داشته باشد، کنتاکت های یک ردیف در هنگام قطع و وصل دارای عدم همزمانی خواهند بود که این عدم همزمانی در عملکرد کنتاکت های تست شده نیز وجود داشت. میزان این عدم همزمانی در کار کلیدهای فشار قوی تأثیر گزار می باشد و بدین جهت بایستی مورد اندازه گیری دقیق قرار گیرد. در ادامه، مراحل اندازه گیری دقیق این زوایا جهت مقایسه با مقادیر استاندارد ذکر می گردد.

۴-مراحل طراحی دستگاه دیجیتالی:

کار طراحی ابتدایی این پروژه در حدود دو هفته به طول انجامید که مراحل کار با در نظر گرفتن ترتیب تکمیل طرح در ادامه ذکر می شود. در ابتدا یک بلوک دیاگرام کلی که اساس کار را تشکیل می داد، طراحی گردید که به صورت زیر می باشد:



شکل ۵- بلوک دیاگرام ابتدایی

طبق بلوک دیاگرام بالا، ابتدا محور آگزلیاری کنتاکت به محور Shaft Encoder متصل می شود، که در این حالت با چرخش محور آگزلیاری کنتاکت، Encoder در خروجی خود شروع به پالس دهی خواهد کرد. در مرحله بعد با استفاده از یک کانتر، پالس های خروجی از Encoder شمارش می گردد. عدد بدست آمده در واقع میزان چرخش محور آگزلیاری کنتاکت را بر حسب تعداد پالس های خروجی از Encoder نشان می دهد که اگر دقت کار Encoder را داشته باشیم، میتوانیم میزان چرخش را بر حسب زاویه بدست آوریم. این امر در مرحله بعد و با اعمال یک ضریب تصحیح (میزان چرخش بر حسب زاویه به ازای هر پالس) صورت می گیرد.

تا این مرحله عدد بدست آمده میزان چرخش را نشان می دهد، ولی هدف ما بدست آوردن زوایای قطع و وصل کنتاکت ها می باشد. برای این منظور سیگنال های خروجی از کنتاکت های آگزلیاری کنتاکت را برای انجام عمل Latching استفاده می کنیم. بدین معنی که درست در لحظه قطع و یا وصل کنتاکت ها، عدد بدست آمده را Latch و یا ذخیره می کنیم. این

عمل Latching برای همه کنتاکتهای آگزلیاری انجام میگیرد، لذا برای نمایش این اعداد در خروجی بایستی این مقادیر را مالتی پلکس کنیم. برای این منظور از یک بلوک Multiplexer استفاده می کنیم. در مرحله آخر نیز برای نمایش اعداد باینری بدست آمده در خروجی، ابتدا از یک مبدل Bin به Bcd و سپس از یک مبدل Bcd به 7_segment و در نهایت از تعدادی 7_segment استفاده می کنیم.

حال به بررسی جزئیات طراحی و انتخاب قطعات مورد نظر می پردازیم :

۴-۱- مرحله اول

اولین مرحله طراحی سیستم مذکور، انتخاب انکودر بود و با توجه به اینکه میزان زاویه چرخش آگزلیاری کنتاکت ۳۶۰ درجه است، لذا تعداد پالس در دور انکودر در صورتی که ضریب صحیحی از ۳۶۰ باشد، دیگر نیازی به ضریب تصحیح نخواهد بود. لذا سفارش تهیه یک نوع انکودر ۳۶۰۰ ppr به واحد کنترل کیفیت داده شد و طراحی بر اساس این انکودر انجام گردید. در واقع با انتخاب این انکودر یک سری از مشکلات اساسی طرح یعنی وجود یک ضرب کننده باینری که حجم زیادی از مدارات را اشغال می کرد، برطرف گردید.

۴-۲- مرحله دوم

دومین مرحله و مهمترین قسمت طراحی، واحد شمارنده سیستم است. در این قسمت باید تعداد پالس های خروجی انکودر شمارش شده و به مرحله بعدی داده شود. اما در این قسمت بایستی جزئیات زیر در نظر گرفته شود:

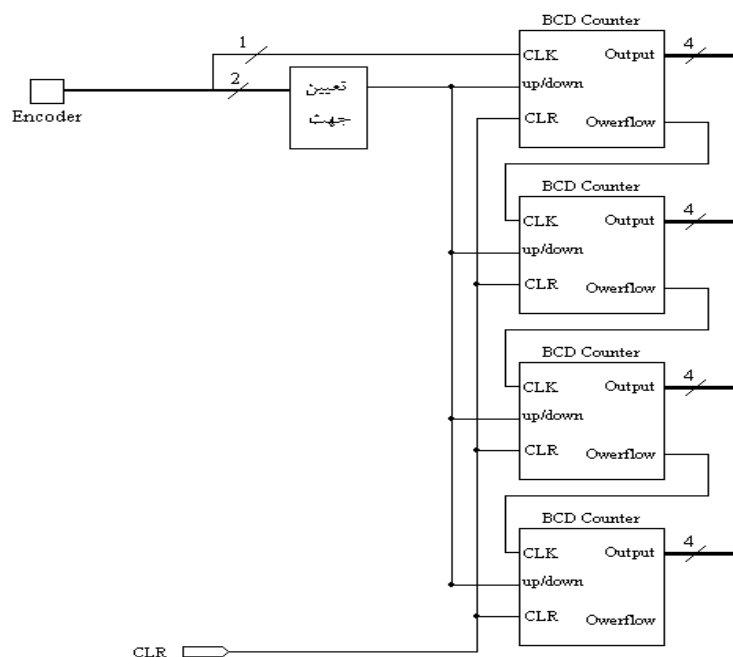
(الف) امکان Reset کردن کانترها جهت تنظیم صفر مرجع آگزلیاری کنتاکت

(ب) تعیین جهت انکودر با توجه به در دست داشتن دو خروجی انکودر با اختلاف فاز ۹۰ درجه

(ج) بالا و پایین شمار بودن کانترها جهت کاهش و یا افزایش شمارش در هنگام ساعتگرد و یا پادساعتگرد بودن چرخش انکودر

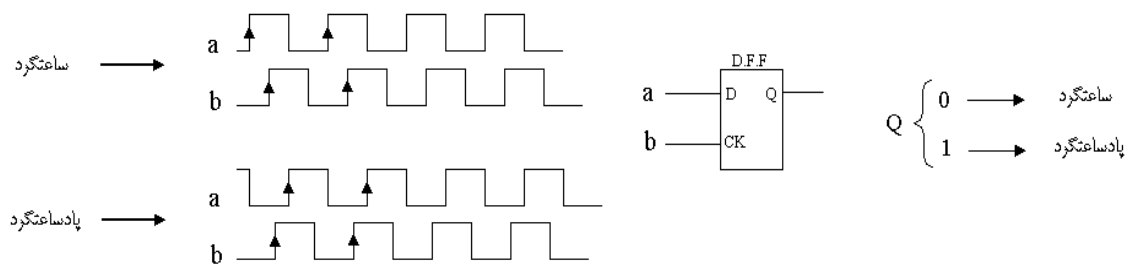
(د) امکان تشخیص گذر از ۳۶۰ درجه به ۰ درجه و بالعکس

در این مرحله با توجه به اینکه در یک دور کامل انکودر ۳۶۰۰ پالس تولید می شود، لذا برای شمارش آن نیاز به یک کانتر ۱۲ بیتی بود. اما باید توجه داشت که ساخت یک کانتر ۱۲ بیتی در این مرحله و تبدیل این عدد باینری ۱۲ بیتی به یک عدد Bcd در مراحل بعدی با توجه به حجم عظیم مدارات مورد نیاز آن امری بسیار مشکل و غیر منطقی به نظر می رسید. لذا با بررسی بیشتر طرح به گونه ای تغییر داده شد که هم نیاز به کانتر ۱۲ بیتی و هم نیاز به مبدل باینری به Bcd مرتفع گردید. طرح جدید ارائه شده به صورت زیر می باشد:



در این طرح جدید از چهار Bcd Counter استفاده شده است. بدین صورت که پالس خروجی از انکودر به ورودی Clock اولین Bcd Counter داده می شود و خروجی Overflow آن به ورودی Clock مربوط به Bcd Counter بعدی داده می شود و این اتصالات تا آخرین Bcd Counter برقرار می گردد. حال در این مدار، کانتر اول شروع به شمارش نموده و پس از رسیدن به عدد ۱۰ یک پالس به کانتر بعدی می فرستد و این ترتیب عملیات تا آخرین کانتر وجود خواهد داشت. پس با توضیحات داده شده می توان دریافت که کانترهای اول تا چهارم به ترتیب ارقام اعشار، یکان، دهگان و صدگان مربوط به عدد شمارش شده را به ما خواهند داد و چون این اعداد Bcd می باشند، به راحتی می توان با استفاده از مبدل Bin به Bcd این اعداد را به فرم Bcd درآورد. کانترهای انتخاب شده برای این منظور نیز 74LS192 بود که به خوبی نیاز طرح را برآورده ساخت.

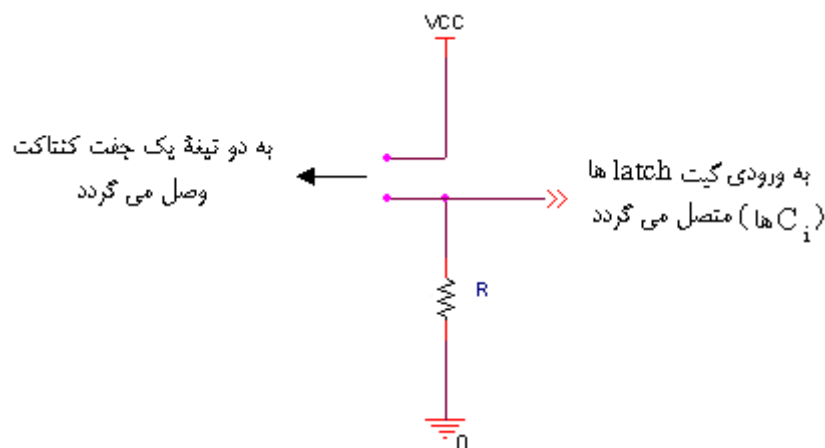
در طراحی شکل ۶ یک بلوک تعیین جهت در نظر گرفته شده است که با توجه به دو خروجی انکودر با اختلاف فاز ۹۰ درجه می توان جهت چرخش را با استفاده از یک D.F.F بصورت زیر تعیین نمود:



لذا خروجی فلیپ فلاپ مشخص کننده جهت چرخش انکودر است و این خروجی به پایه up/down کانترها متصل می گردد. خروجی این قسمت یک باس ۱۶ بیتی حاوی اطلاعات کانترها است.

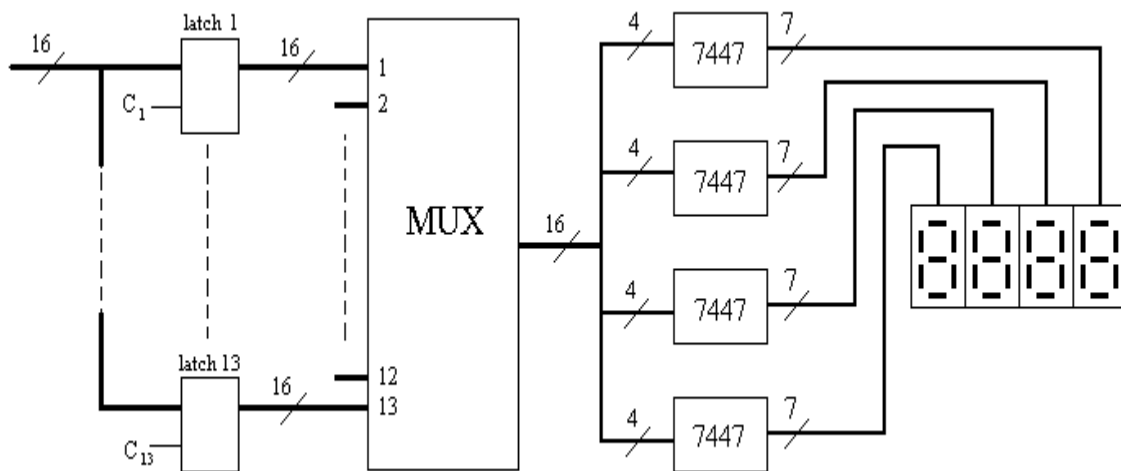
۳-۴ Multiplexing ، Latching و نمایش در خروجی:

واحد بعدی، واحد لچینگ کانترها در لحظه وصل شدن هر یک از کنتاکت ها است. برای این منظور، مدار زیر برای کنتاکت ها طراحی شد :



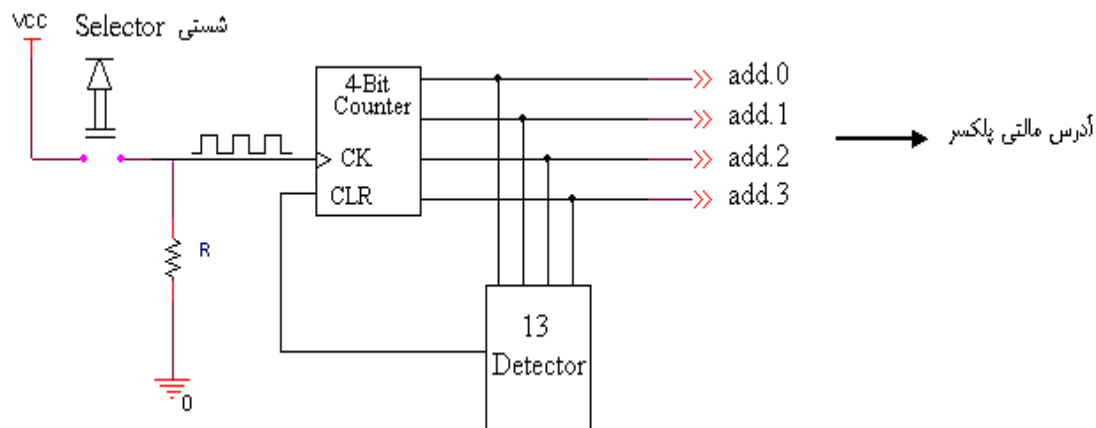
شکل ۷- نحوه اتصال کنتاکت ها برای ارسال
به قسمت Latching

کل واحد لچینگ، مالتی پلکسینگ و نمایش به صورت زیر است :



شکل ۸- واحد لچینگ، مالتی پلکسینگ و نمایش

در طراحی بالا، خروجی ۱۶ بیتی کانترها به ورودی ۱۳ عدد لچ ۱۶ بیتی داده می شود (چون ۱۳ عدد کنتاکت در هر ردیف داریم). در لحظه ای که هر یک از کنتاکت ها وصل شود ($c_i = 1$) مقدار کانتر توسط آن واحد لچ و نگهداری خواهد شد. خروجی این قسمت از طراحی ۱۳ باس ۱۶ بیتی از اطلاعات می باشد که باید در خروجی نمایش داده شوند. برای این منظور، ۱۳ باس اطلاعات ۱۶ بیتی بدست آمده وارد یک Mux (مالتی پلکسر ۱-۱۳، ۱۶ بیتی) می شود و هر بار اطلاعات مربوط به یک باس با توجه به آدرس Mux (که توسط یک مدار از طرف کاربر داده می شود) به خروجی انتقال داده شده و توسط نمایشگر نشان داده می شود. مدار مربوط به آدرس دهی Mux به صورت زیر می باشد :



شکل ۹- واحد آدرس دهی مالتی پلکسر

تنها نکته باقی مانده این است که وقتی کانترها در حالت شمارش up به ۳۶۰۰ رسیدند، باید آنها را Reset نمود. برای این منظور یک مدار آشکار ساز ۳۶۰۰ در خروجی قرار داده شده و خروجی آنها به ورودی Clear کانترها داده می شود. همچنین در حالت شمارش down به محض دریافت عدد صفر، عدد ۳۶۰۰ در کانترها Load می شود.

پس از اتمام طراحی، با توجه به حجم مدارات طرح شده، اولین نکته ای که به نظر می رسد مشکلات ساخت این سیستم و طراحی و پیاده سازی PCB (برد مدار چاپی) آن بود. لذا تصمیم بر این شد که کل مدار در داخل یک FPGA پیاده سازی شود. لذا سیستم مذکور در محیط نرم افزاری Maxplus (نرم افزار طراحی FPGA شرکت Altera) طراحی شد. دلیل انتخاب این نرم افزار، سهل الوصول بودن قطعات شرکت Altera و نیز نرم افزار مربوط به آن در بازار ایران می باشد. البته از مزایای بیشمار استفاده از FPGA و این تکنولوژی جدید طراحی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- کوچکی بیش از اندازه سیستم با توجه به ابعاد FPGA (33mm × 33mm)

۲- قابلیت برنامه ریزی On – Board (ISP)

۳- امکان طراحی به صورت شماتیک و یا با استفاده از زبانهای برنامه نویسی مخصوص (VHDL، AHDL و ...)

۴- امکان طراحی سلسله مراتبی و ایجاد بلوک های مجزا و در نتیجه عیب یابی آسان

۵- امکان شبیه سازی هر بلوک بطور جداگانه

۴- تعداد پایه های I/O نسبتاً زیاد جهت استفاده در طراحی های مختلف

۵- امکان طراحی مسیرهای موازی (برخلاف میکروکنترلرها که اجرای برنامه بصورت سریال صورت میگیرد) که امکان کار همزمان بر روی چندین ورودی و ارائه همزمان چندین خروجی را به ما می دهد. و مزایای بیشمار دیگر

لذا با طراحی سیستم مورد نظر در نرم افزار MaxplusII (V – 10.2) مراحل شبیه سازی آن با موفقیت پشت سر نهاده شد و حداکثر خطای اندازه گیری شده 0.1 درجه بود. این در حالی است که با دستگاه های قبلی مورد استفاده برای تست آگزلیاری کنتاکت، به دقتی بیشتر از ۱ درجه نمی توان دست یافت.

با آزمایش های انجام شده جهت انتخاب بهینه و اقتصادی، قطعه ای که برای پیاده سازی سیستم طراحی شده انتخاب گردید، قطعه ای از خانواده ACEX1K از محصولات شرکت ALTERA بود.

شماره قطعه انتخابی: EP1K30QC208-3

این قطعه دارای ۳۰۰۰۰ گیت، ۲۰۸ پین و به صورت یک قطعه SMD می باشد. از ویژگی های مهم این قطعه قابلیت پروگرم در حالت On – Board توسط یک کابل پروگرمر می باشد. لذا کافی است مدارات مربوط به تغذیه و بایاس این IC ساخته و نصب شده و طراحی انجام شده بر روی آن پروگرم شود. این قطعه علاوه بر پروگرمر، به یک ROM نیز نیاز دارد که به پایه های خاصی از IC متصل می گردد. لذا این قطعه، انتخاب و کل سیستم در داخل آن پیاده سازی گردید.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات:

در این مقاله، مراحل طراحی و ساخت دستگاه تست آگزلیاری کنتاکت مورد بررسی قرار گرفت. در این طراحی، واحد های مربوط به محاسبه میزان حرکت دورانی و قسمت های لچینگ به صورت جداگانه و کاملاً مستقل از یکدیگر طراحی شده اند. با توجه به این موضوع و با توجه به امکانات نرم افزار بکار رفته می توان هر بلوک را برای طراحی دستگاه های دیگری بکار برد. از جمله می توان در کنترل حرکت ربات ها، کنترل کامل عملکرد دستگاه های CNC و کنترل عملکرد دستگاه های مکانیکی با حرکتهای خطی و دورانی از بلوک های طراحی شده در این پروژه استفاده نمود. در صورتی که سنسورهای با حساسیت و دقت بالا نیز به این مجموعه اضافه شوند، می توان از طرح موجود برای کنترل طیف وسیعی از دستگاه های مکانیکی با حرکت های گوناگون خطی و دورانی استفاده کرد.

۶- مراجع

[1] Victor.p.nelson ,H.troy nagel,billd .cerroll,j . davidirwin , Digital logic circuit analysis and design

[2] MaxplusII software help , altera co.