



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان:

انتقال اطلاعات سنسورهای دما و شتاب توسط FPGA

استاد راهنما:

دکتر سیروس طوفان

نگارش:

زهرا ناصریان

تابستان ۹۵

« من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق »

از استاد گرامی ام جناب آقای دکتر سیروس طوفان بسیار سپاسگذارم چرا که بدون راهنمایی های ایشان تا این

این پایان نامه بسیار مشکل می نمود.

همچنین از جناب آقای مهندس فرهود آهنی به دلیل یاری ها و راهنمایی های بی چشم داشت ایشان که

بسیاری از سختی ها را برایم آسان تر نمودند، تشکر و قدردانی می کنم.

تقدیم بہ پدر و مادر عزیز و مہربانم کہ در سختی ما و دشواری ہا می زندگی، ہموار ی باوری دلسوز و

فداکار و پیشانی محکم و مطمئن برایم بودہ اند.

بابان نامہ کارسناسی



.....	چکیده	۵
.....	فصل اول	۱
.....	معرفی FPGA و کاربردهای آن	۱
.....	مقدمه ۱-۱	۱
.....	۲-۱ بررسی ساختار داخلی	۲
.....	۳-۱ چگونگی عملکرد و کاربرد	۶
.....	۴-۱ شرکت‌های سازنده FPGA ها	۶
.....	۵-۱ ابزارهای طراحی	۷
.....	۱-۵-۱ معرفی نرم افزار Quartus	۷
.....	فصل دوم	۹
.....	پروتکل ارتباط سریال	۹
.....	۱-۲ پروتکل ارتباط سریال	۹
.....	۲-۲ هماهنگی سرعت بین فرستنده و گیرنده	۱۰
.....	۳-۲ ارتباط سریال همگام	۱۱
.....	۴-۲ ارتباط سریال غیر همگام	۱۲
.....	۵-۲ قالب‌بندی داده‌ها در ارتباط سریال	۱۳
.....	۶-۲ قالب‌بندی در ارتباط سریال همگام	۱۳
.....	۷-۲ قالب‌بندی در ارتباط سریال غیر همگام	۱۴
.....	۸-۲ مقایسه بین ارتباطات همگام و غیر همگام	۱۶
.....	۹-۲ کنترل جریان داده	۱۷
.....	۱۰-۲ مشخصات ارتباط غیر همگام	۱۸
.....	فصل سوم	۱۹
.....	معرفی سنسورها	۱۹

۱-۳	معرفی انواع سنسورها	۱۹
۲-۳	مزایای سنسورهای بدون تماس	۱۹
۳-۳	برخی پارامترها در سنسورها	۲۱
۴-۳	سنسورهای القایی	۲۳
۵-۳	سنسورهای لومیناس	۲۵
۶-۳	سنسورهای کنتراست	۲۶
۷-۳	سنسورهای خازنی	۲۷
۸-۳	سنسورهای نوری انعکاسی (یک طرفه)	۲۹
۹-۳	سنسورهای نوری دوطرفه	۳۱
۱۰-۳	سنسورهای لیزری	۳۲
۱۱-۳	سنسورهای سطح	۳۴
۱۲-۳	ویژگی‌های اسکنرهای سطح و یا سنسورهای جاروب کننده سطح	۳۴
۱۳-۳	سنسورهای تشخیص رنگ	۳۵
۱۴-۳	سنسورهای اولتراسونیک	۳۶
۱۵-۳	مشخصات سنسورهای اولتراسونیک	۳۷
۱۶-۳	طرز کار دماسنج‌ها	۳۸
۱۷-۳	انواع سنسورهای اندازه‌گیری دما	۳۹
۱۸-۳	سنسور دمای LM35	۳۹
۱۹-۳	طرز کار شتاب‌سنج‌ها	۴۲
۲۰-۳	اصول فیزیکی در شتاب‌سنج‌ها	۴۲
۲۱-۳	ساختار شتاب‌سنج‌ها	۴۴
۲۲-۳	سنسور شتاب MMA7361	۴۵
۱-۲۲-۳	معرفی	۴۶
۲-۲۲-۳	کاربردها	۴۷
۳-۲۲-۳	نمایی از پایه‌ها و بسته‌بندی سنسور	۴۷

۴۷	..... MMA7361	مشخصات پین‌ها در ماژول
۴۸	..... Self Test	۳-۲۲-۴
۴۹	..... g-Select	۳-۲۲-۶
۴۹	..... Sleep	حالت ۳-۲۲-۷
۵۰	.....	۳-۲۲-۸ فیلترینگ
۵۰	.....	۳-۲۲-۹ مدار توصیه شده دیتاشیت برای راه اندازی سنسور
۵۱	.....	۳-۲۲-۱۰ بلوک دیاگرام پیشنهادی دیتاشیت برای اتصال سنسور به میکرو
۵۱	.....	۳-۲۲-۱۱ نکات مورد توجه در استفاده از این ماژول
۵۲	.....	فصل چهارم
۵۲	.....	انتقال اطلاعات سنسورهای دما و شتاب توسط FPGA
۵۲	.....	۴-۱ شمای کلی پروژه و بخش‌های مختلف آن
۵۳	.....	۴-۲ دریافت اطلاعات خروجی سنسورهای مختلف
۵۳	.....	۴-۳ آی‌سی ADC0809
۵۷	.....	۴-۴ تعیین دقت ADC
۵۹	.....	۴-۵ برد FPGA
۶۲	.....	۴-۶ ماژول HM-T-R
۶۳	.....	۴-۷ واحد CLK
۶۳	.....	۴-۸ طراحی قسمت تشخیص قالب‌بندی ارتباط سریال
۶۹	.....	۴-۹ شبیه‌سازی نهایی و اتصال بخش‌های مختلف طراحی
۷۱	.....	۴-۹-۱ شبیه‌ساز بخش ADC
۷۲	.....	۴-۹-۲ واحد کنترل و CLK ورودی
۷۳	.....	۴-۹-۳ واحد نگاشت و ارسال
۷۴	.....	۴-۹-۴ واحد دریافت
۷۵	.....	۴-۹-۵ نتایج شبیه‌سازی
۷۷	.....	منابع و مراجع

فهرست جدول ها

۲۵	جدول ۳- ۱: انواع سنسورهای القایی و فاصله عملکرد آن ها
۳۰	جدول ۳- ۲: جدول انواع سری ساخت و فاصله سوئیچینگ سنسورهای یک طرفه
۳۲	جدول ۳- ۳: جدول انواع سنسورهای دوطرفه با فاصله سوئیچینگ آن ها
۳۳	جدول ۳- ۴: طبقه بندی سنسورهای لیزری
۳۵	جدول ۳- ۵: مشخصات سنسورهای سطح
۴۷	جدول ۳- ۶: مشخصات پین ها در ماژول MMA7361
۴۹	جدول ۳- ۷: جدول حساسیت
۵۶	جدول ۴- ۱: مقادیر دسیمال و باینری معادل خروجی آنالوگ سنسورها
۶۵	جدول ۴- ۲: جدول حالت
۶۶	جدول ۴- ۳: جدول کارنو
۶۶	جدول ۴- ۴: جدول کارنو
۶۷	جدول ۴- ۵: جدول کارنو
۶۷	جدول ۴- ۶: جدول کارنو
۶۸	جدول ۴- ۷: جدول کارنو

فهرست شکل ها

- شکل ۱- ۱: نمونه‌هایی از FPGA های شرکت های ALTERA و XILINX ۱
- شکل ۱- ۲: بلوک های منطقی FPGA در کنار هم ۲
- شکل ۱- ۳: ساختار هر بلوک منطقی ۳
- شکل ۱- ۴: موقعیت پین های بلوک منطقی ۳
- شکل ۱- ۵: پین های بلوک منطقی برای اتصال به بخش های کانال ۴
- شکل ۱- ۶: نحوه اتصال ورودی ها به مسیر بندی ۴
- شکل ۱- ۷: موقعیت بلوک های سوئیچینگ در بین بلوک های منطقی ۵
- شکل ۱- ۸: نمای فرضی سوئیچ های قابل برنامه ریزی ۵
- شکل ۱- ۹: معماری واقعی ۶
- شکل ۲- ۱: زمان بندی آمدن سیگنال ساعت ۱۲
- شکل ۲- ۲: پایداری ولتاژ روی خط داده در وسط زمان ۱۲
- شکل ۲- ۳: قاب بندی ارتباط سریال غیر همگام ۱۴
- شکل ۲- ۴: نمایش ایجاد مشکل به هنگام سریع تر بودن پالس ساعت گیرنده نسبت به فرستنده ۱۶
- شکل ۳- ۱: سرعت سوئیچینگ ۱۹
- شکل ۳- ۲: در ساخت سنسورها از قطعات الکترونیکی استفاده شده است و داخل سنسور با مواد محافظ پر شده است که مانع نفوذ اجرام مخرب می شود. ۲۰
- شکل ۳- ۳: با توجه به شکل سنسور بدون نیاز به تماس، قطعه را حس می کند. ۲۰
- شکل ۳- ۴: قابلیت استفاده در شرایط کاری سخت ۲۱
- شکل ۳- ۵: عدم ایجاد نویز هنگام سوئیچینگ ۲۱
- شکل ۳- ۶: فرکانس سوئیچینگ ۲۲
- شکل ۳- ۷: نمایش انواع مختلف فاصله های سوئیچینگ ۲۳
- شکل ۳- ۸: برخی از کاربردهای سنسورهای القایی ۲۴
- شکل ۳- ۹: کاربرد سنسورهای لومیناس در صنایع کاشی و سرامیک ۲۵
- شکل ۳- ۱۰: نمونه ای از سنسورهای لومیناس ۲۶
- شکل ۳- ۱۱: کاربرد سنسور کنتراست و تشخیص علائم رنگی بر روی کاغذهای بسته بندی ۲۷
- شکل ۳- ۱۲: نمونه هایی از سنسورهای کنتراست ۲۷

شکل ۳-۱۳: نمونه‌ای از کاربردهای سنسورهای خازنی ۲۸ شکل ۳-۱۴: شکل ۱ شکل موج خروجی در حالت فعال. شکل ۲ شکل موج خروجی در حالت غیر فعال	۲۸
شکل ۳-۱۵: نمونه‌هایی از سنسورهای خازنی، شکل ۱ فاصله عملکرد ۱,۵ تا 10mm. شکل ۲ فاصله عملکرد ۲ تا 15mm. شکل ۳ فاصله عملکرد ۲ تا 20mm	۲۹
شکل ۳-۱۶: شکل ۱ آشکارسازی فیبرهای مدار چاپی در خط تولید. شکل ۲ کنترل انتهای ریل. شکل ۳ درب‌های اتوماتیک کنترل تردد. شکل ۴ کنترل طول قطعه	۳۰
شکل ۳-۱۷: شکل ۱ کنترل مواد بر روی نوار نقاله. شکل ۲ کنترل ارتفاع تولید. شکل ۳ آشکارسازی شیشه‌های خالی. شکل ۴ کنترل حرکت اتومبیل در کارواش	۳۱
شکل ۳-۱۸: شکل ۱ سنسور لیزری یک‌طرفه جهت آشکارسازی سوراخ ریز. شکل ۲ سنسور لیزری رفلکتوری جهت کنترل ابزار کار. شکل ۳ سنسور لیزری دوطرفه با برد زیاد جهت کنترل انحراف قطعه. شکل ۴ سنسور لیزری یک طرفه با قطر نور باریک جهت آشکارسازی قطعات ریز	۳۳
شکل ۳-۱۹: شکل ۱ جداسازی کارتن‌ها با ارتفاع مختلف. شکل ۲ اندازه‌گیری میزان انحراف رول. شکل ۳ کنترل ابعاد دقیق قطعه حین تولید. شکل ۴ جداسازی تولید براساس رنگ	۳۴
شکل ۳-۲۰: شکل ۱ اندازه‌گیری ارتفاع مواد پودری. شکل ۲ کنترل باز شدن حلقه. شکل ۳ اندازه‌گیری ارتفاع مایعات داخل مخزن. شکل ۴ کنترل انباشتگی قطعات	۳۷
شکل ۳-۲۱: ترتیب قرارگیری پایه‌های سنسور LM35	۴۰
شکل ۳-۲۲: نمودار تغییرات ولتاژ خروجی این سنسور برحسب تغییرات دما	۴۱
شکل ۳-۲۳: شمای مداری لازم برای در دست داشتن رنج کامل دما توسط LM35	۴۱
شکل ۳-۲۴: مدار مورد نیاز برای اندازه‌گیری دما در رنج +2 تا +150 درجه سانتی‌گراد	۴۲
شکل ۳-۲۵: ماژول شتاب‌سنج MMA7361	۴۶
شکل ۳-۲۶: نمایی از پایه‌های سنسور	۴۷
شکل ۳-۲۷: نام گذاری پایه‌های ماژول	۴۸
شکل ۳-۲۸: مدار مورد استفاده در ماژول	۵۰
شکل ۳-۲۹: بلوک دیاگرام اتصال سنسور به میکرو	۵۱
شکل ۴-۱: بلوک‌بندی و شمای کلی پروژه	۵۲
شکل ۴-۲: آی‌سی ADC0809	۵۳
شکل ۴-۳: شمای کلی پایه‌های آی‌سی ADC0809	۵۴
شکل ۴-۴: زمان‌بندی مورد نیاز آی‌سی ADC0809 برای تبدیل صحیح و به موقع	۵۵
شکل ۴-۵: مدار راه‌اندازی آی‌سی ADC0809	۵۵
شکل ۴-۶: شبیه‌سازی بخش ADC در Quartus	۵۷

شکل ۴-۷: برد FPGA مورد استفاده در پروژه.....	۶۰
شکل ۴-۸: بخش‌های مختلف برد FPGA.....	۶۰
شکل ۴-۹: شمای داخلی سون سگمنت.....	۶۱
شکل ۴-۱۰: ماژول HM-T-R.....	۶۲
شکل ۴-۱۱: شمای کلی پایه‌ها و نحوه‌ی اتصال ماژول HM-R-T به FPGA.....	۶۲
شکل ۴-۱۲: فرم قالب‌بندی سریال برای تشخیص درستی داده دریافت شده.....	۶۳
شکل ۴-۱۳: نمودار حالت تشخیص قالب‌بندی سریال.....	۶۴
شکل ۴-۱۴: طراحی تشخیص قالب‌بندی سریال به صورت منطقی.....	۶۸
شکل ۴-۱۵: خروجی شبیه‌سازی و تشخیص دو سری داده‌ی درست.....	۶۹
شکل ۴-۱۶: شمای کلی طراحی.....	۷۰
شکل ۴-۱۷: شبیه‌سازی ADC0809.....	۷۱
شکل ۴-۱۸: واحد CLK و کنترل.....	۷۲
شکل ۴-۱۹: بلوک‌بندی واحد نگاشت و ارسال.....	۷۳
شکل ۴-۲۰: واحد نگاشت و ارسال.....	۷۳
شکل ۴-۲۱: بلوک‌بندی واحد دریافت.....	۷۴
شکل ۴-۲۲: واحد دریافت و نمایش.....	۷۵
شکل ۴-۲۳: شمای کلی نتیجه نهایی.....	۷۵
شکل ۴-۲۴: بررسی نتیجه شبیه‌سازی.....	۷۶

چکیده

امروزه FPGAها کاربرد وسیعی در صنایع مختلف پیدا کرده‌اند. یکی از دلایل این کاربرد قابلیت پردازش و موازی آن‌ها است. به جرأت می‌توان گفت داشتن مهارت کار با این Cها می‌تواند یکی از فاکتورهای مهم در جذب به به بازار کار و صنعت باشد.

در این پروژه با توجه به اهمیت FPGAها و همچنین اهمیت ارسال و دریافت اطلاعات توسط فرستنده‌ها و

گیرنده‌ها، قصد داریم یک فرستنده و گیرنده سریال، توسط این پردازشگر قدرتمند را طراحی نموده و اطلاعات سنسورهای مختلف را توسط آن ارسال و دریافت نمائیم.

معرفی FPGA و کاربردهای آن

۱-۱ مقدمه

سال‌ها پیش که طراحی دیجیتال پا به عرصه وجود نهاد، آی‌سی‌های استاندارد یی چون گیت‌ها، فلیپ‌فلاپ‌ها، لچ‌ها، شمارنده‌ها و... ساخته شدند.

به تدریج پردازنده‌هایی با قدرت محدود که اولین کامپیوترهای شخصی بر اساس آن‌ها طراحی شده

بودند، دنیای دیجیتال را به وجود آوردند. تصور روزی که فاصله سخت‌افزار و نرم‌افزار به حد کنونی برسد به طوری که تمام مرزهای طراحی را در نوردیده و سخت‌افزار به صورت انعطاف‌پذیر درآید بسیار دشوار بود.

اما بعدها با طراحی حافظه‌های قابل برنامه‌ریزی دوباره و فناوری EPROM^۱، حافظه‌های پایایی با قابلیت برنامه‌ریزی و پاک‌سازی و آرایه‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی PLA و سرانجام فناوری آرایه سوئیچ‌های فیوز

قابل برنامه‌ریزی چندباره انقلابی نوین را در عرصه دیجیتال به وجود آورد که مفهوم طراحی دیجیتال را دچار تحولی عظیم در عرصه‌های دیدگاه معماری، حجم طراحی، سرعت و نوع نگرش به طراحی دیجیتال نموده است.



شکل ۱-۱: نمونه‌هایی از FPGA های شرکت‌های ALTERA و XILINX

^۱ Erasable Programmable Read-Only Memory

امروزه FPGA^۱ ها آرایه‌های گیتی قابل برنامه‌ریزی میدانی یک بوم نقاشی سفید را در اختیار طراح قرار

می‌دهند که به او اجازه می‌دهد تا طراحی دیجیتال خود را آنچنان که می‌خواهد و با هر حجم و پیچیدگی

لازم، طراحی و سپس به جای انتخاب آی‌سی‌های استاندارد و جدا از هم قرار دادن آن‌ها در روی یک مدار و وصل کردن آن‌ها از طریق یک برد مدار چاپی، با استفاده از یک زبان توصیف سخت‌افزاری نظیر VHDL^۲

هر یک از قطعات دیجیتالی مورد نیاز را نوشته و با نصب کردن نرم‌افزاری آن‌ها، سرانجام فایل کامپایل شده

نهایی را از طریق یک رابط سخت‌افزاری بر روی یک بسته سخت‌افزاری خام با تعداد پایه‌های مورد نیاز برنامه‌ریزی کرده و از این آی‌سی جدید ساخت خود استفاده کند.

بروزگار پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۱-۲ بررسی ساختار داخلی

یک FPGA را می‌توان به صورت جزیره‌هایی مجزا در نظر گرفت که توسط شاهراه‌هایی به هم متصل

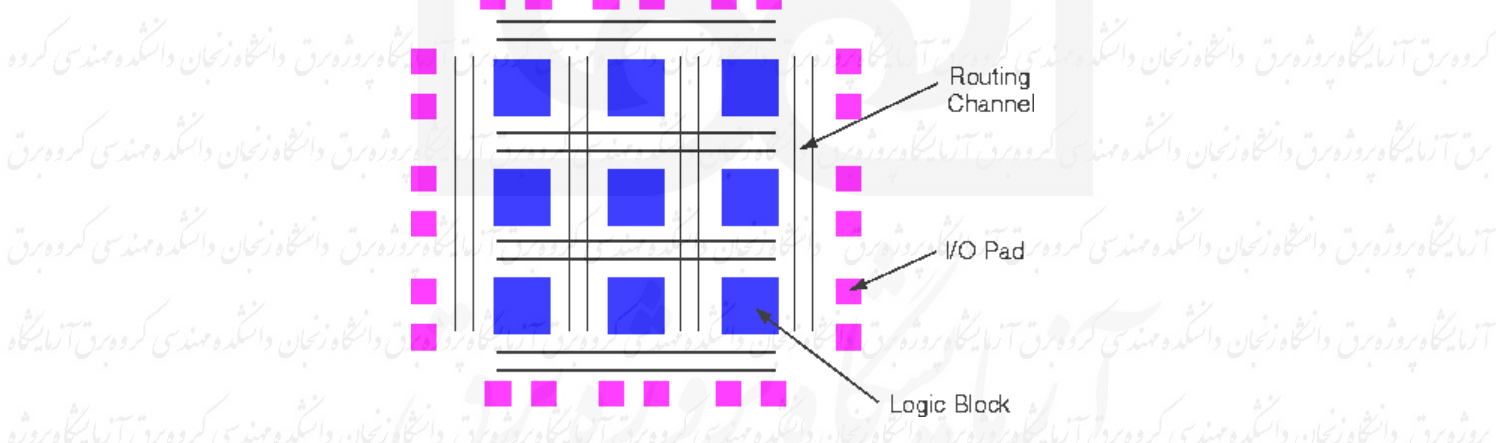
می‌گردند. به عبارتی FPGA شامل یک سری بلوک منطقی و سیم‌های بین آن‌ها می‌گردد. دو پد ورودی و

خروجی نیز در انتهای هر یک از ردیف‌ها یا ستون‌ها قرار داده شده است.

خطوط اتصال دهنده بین بلوک‌ها از نظر تعداد و اندازه یکسان می‌باشند که در شکل زیر نشان داده شده

است.

دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان



شکل ۱-۲: بلوک‌های منطقی FPGA در کنار هم

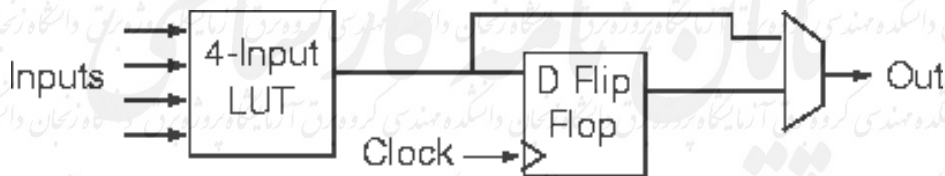
^۱ Field programmable gate array

^۲ VHSIC Hardware Description Language

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

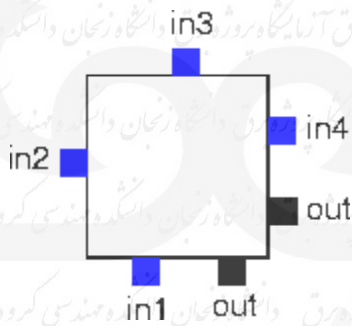
هر مدار منطقی که روی FPGA پیاده‌سازی می‌شود با استفاده از بلوک‌های منطقی و مسکیر بین این بلوک‌ها می‌تواند تابع داده شده را اجرا نماید.

هر بلوک منطقی در FPGA دارای چهار ورودی به یک جدول جستجو (LUT) و یک فلیپ‌فلاپ می‌باشد که در شکل زیر نشان داده شده است.



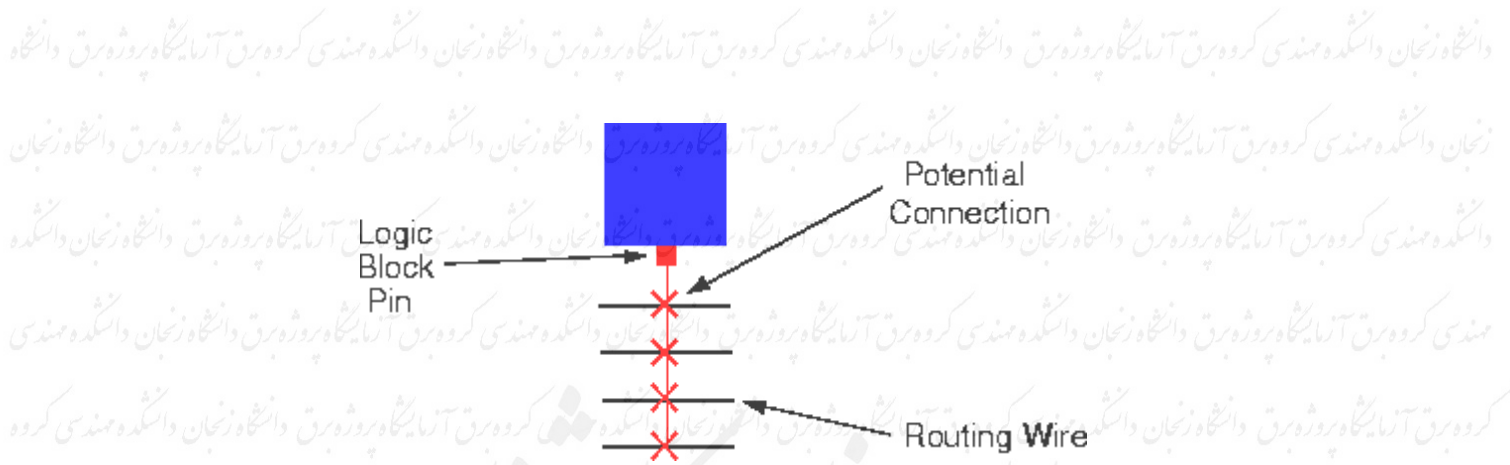
شکل ۱-۳: ساختار هر بلوک منطقی

تنها یک خروجی برای این بلوک وجود دارد که می‌تواند خروجی ثبت شده یا ثبت نشده قبلی را به خروجی انتقال دهد. پایه کلاک نیز به طور داخلی سیم‌کشی شده است. در نهایت هر بلوک به شکل زیر خواهد بود.

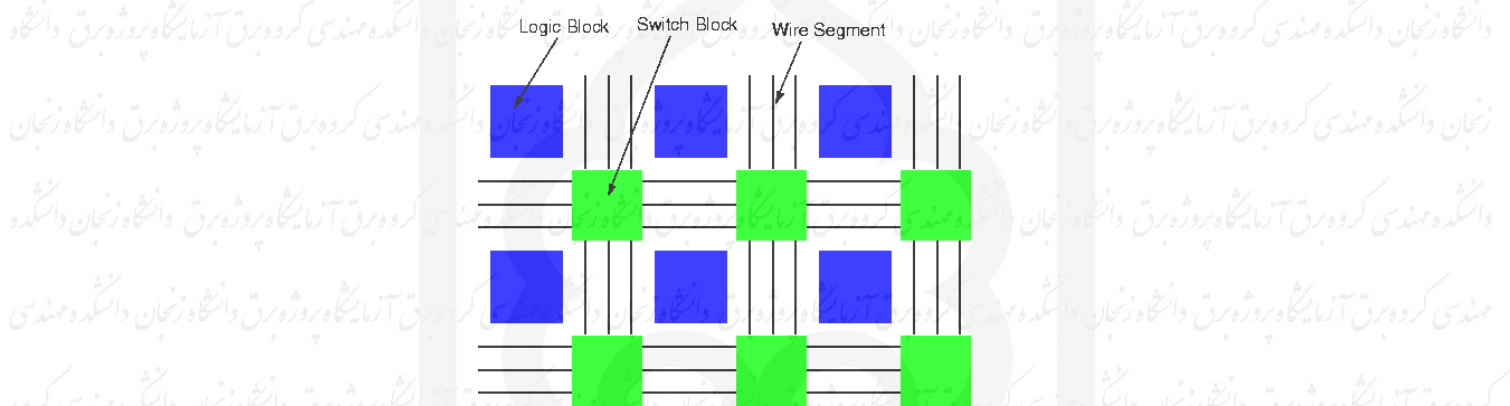


شکل ۱-۴: موقعیت پین‌های بلوک منطقی

وضعیت هر پایه ورودی به گونه‌ای است که قابلیت اتصال به هر یک از بخش‌های کانال را داشته باشد.



شکل ۱-۵: پین‌های بلوک منطقی برای اتصال به بخش‌های کانال. این کار را می‌توان به راحتی با استفاده از سوئیچ‌های ماسفت انجام داد. با فرمان به هر قسمت می‌توان آن مسیر را به پایه متصل نمود.



شکل ۱-۶: نحوه اتصال ورودی‌ها به مسیریابی. تعریف خطوط داخلی یا به عبارتی سی‌بندی داخلی FPGA به طور کامل از هم مجزا نیستند بلکه با استفاده از سوئیچ‌هایی این خطوط به هم راه می‌یابند. از این طریق می‌توان از تعداد خطوط کمتری برای انتقال میان بلوک‌ها استفاده کرد. شکل زیر این مطلب را روشن‌تر بیان می‌کند.

منابع و مراجع

- "PC Interfaces under Windows", Burkhard Kaink and Hans-Joachim Berndt, Elektor Electronics Publications, 2002.

(این کتاب با ترجمه کیهان حداد شرق توسط انتشارات نشر علوم به چاپ رسیده است.)

- <http://www.avrbeginners.net/architecture/uart/uart.html>

- http://www.eecg.toronto.edu/~vaughn/challenge/fpga_arch.html

- www.tabrizpeguh.com

- www.faraznegr-tbz.com

- "اصول کامل راه اندازی و کنترل دستگاههای جانبی توسط کامپیوتر"، محسن شکیبافر، انتشارات

نص، ۱۳۸۴

- دیتاشیت منتشر شده توسط شرکت های سازنده ی سنسورهای LM35 و MMA7361 و فرستنده و گیرنده ی HMT-R