

امروزه با پیشرفت در زمینه ساخت قطعات قابل برنامه‌ریزی در روش‌های طراحی سخت‌افزار تکنولوژی VLSI جایگزین SSI شده است. رشد سریع الکترونیک سبب شده است تا امکان طراحی با مدارهای مجتمعی فراهم شود که در آن‌ها استفاده از قابلیت مدار مجتمع با تراکم بالا و کاربرد خاص نسبت به سایر کاربردهای آن اهمیت بیشتری دارد. امروزه FPGAها از نظر تکنولوژی در زمره بزرگترین مدارهای مجتمع موجود در بازار هستند.

با افزایش روز افزون کاربرد FPGAها در صنعت مسائل جدیدی در این زمینه مطرح شده‌اند. به دلیل اینکه امروزه شرکت‌های کامپیوتری تمایلی به در اختیار قرار دادن کد برنامه خود برای کاربر ندارند، کوچکترین تغییری در سیستم نیازمند ارسال کل برد برای شرکت اصلی و گاه هزینه‌های زیادی برای پایین آوردن بردها از روی دکل‌ها و ارسال برای شرکت‌ها بوجود آورده است.

هدف از این پروژه پیاده‌سازی سیستمی است که با استفاده از یک بستر شبکه، امکان برنامه‌ریزی کردن FPGA را بدون نیاز به دسترسی فیزیکی به آن فراهم کند.

## ۲- کاربردهای پروژه

مهم‌ترین کاربرد این پروژه برای سیستم‌هایی است که بردهای FPGA در مکان‌هایی قرار داده می‌شوند که دسترسی به آن‌ها برای برنامه‌ریزی کردن مجدد امکان پذیر نیست، امکان خارج کردن FPGA از مدار وجود ندارد و یا هزینه زیادی دارد.

در چنین شرایطی با استفاده از سیستم پیشنهادی و یک بستر شبکه (Wi-Fi, Ethernet و ...) می‌توان از راه دور برد FPGA را برنامه‌ریزی کرد. این کاربرد همچنین به شرکت‌های کامپیوتری اجازه می‌دهد تا بدون اینکه مجبور به تحویل کد به کاربر شوند و یا هزینه‌ای را به شرکت خود و یا مشتریان خود متحمل کنند، امکان برنامه‌ریزی کردن FPGA را از راه دور داشته باشند. همچنین این امکان باعث می‌شود که نگرانی شرکت‌ها در مورد اشکالات احتمالی و نیاز به تغییر سیستم در آینده کاهش پیدا کند. چراکه در صورت بروز هرگونه مشکل می‌توانند به سرعت نسبت به رفع مشکل اقدام کنند. این سیستم همچنین این امکان را برای شرکت‌ها فراهم می‌کند که مدت زمان مورد نیاز برای رفع مشکل‌های بردهای خود را به طور محسوسی کاهش دهند و در نتیجه رضایت مشتریان خود را از خدمات خود افزایش دهند. در مواردی که هزینه نگهداری بسیار بالاست، برای مثال زمانی که یک برد FPGA می‌بایست بر روی یک دکل نصب شود، استفاده از این سیستم باعث کاهش بسیار شدید هزینه‌های نگهداری خواهد شد.

## ۳- تعریف مساله

پیاده‌سازی سیستمی برای انجام عمل برنامه‌ریزی تحت بستر شبکه نیازمند راه اندازی سخت‌افزاری است که نقش میانی در سیستم داشته باشد. مسائلی که برای انتخاب و یا ساخت چنین سخت‌افزاری مطرح می‌شود به شرح زیر است:

- تنوع FPGAها و نحوه ارتباطی آن‌ها مساله‌ای است که پیاده‌سازی این سخت‌افزار میانی را با مشکل روبرو می‌کند. در واقع سخت‌افزار میانی باید طوری باشد که بتوان به راحتی آنرا به دستگاه برنامه‌ریز مشخص متصل کرد و FPGAهای مختلف را با آن برنامه‌ریزی کرد.
- سخت‌افزار میانی باید قابلیت اتصال به FPGAهای مختلف را از طریق دستگاه برنامه‌ریز داشته باشد.
- ارتباط از راه دور با سخت‌افزار میانی با توجه به کاربرد برد می‌تواند متفاوت باشد (Ethernet, Wi-Fi, ...).
- آماده‌سازی بستری برای برنامه‌ریزی کردن از راه دور نیازمند نرم‌افزاری برای ارسال امن اطلاعات به سخت‌افزار میانی می‌باشد.
- سخت‌افزار میانی باید فقط دستور برنامه‌ریزی کردن را از کاربر معتبر دریافت کند.

- صحت اطلاعاتی که قرار است بر روی FPGA برنامه‌ریزی شوند اهمیت بالایی دارد.
- برخی FPGAها نرم افزار برنامه‌ریز مخصوص خود را دارند و از طریق پورت USB بدون نیاز به دستگاه برنامه‌ریز، برنامه‌ریزی می‌شوند.

هدف از این پروژه آماده سازی یک سخت افزار میانی برای دریافت فایلی که باید بر روی FPGA برنامه‌ریزی شود از کاربر معتبر از طریق شبکه Ethernet و یا Wi-Fi، و برنامه‌ریزی کردن آن از طریق یک دستگاه برنامه‌ریز با پشتیبانی از JTAG بر روی بردهای FPGAی که این دستگاه برنامه‌ریز را پشتیبانی می‌کنند است. بدین منظور از یک برد Raspberry Pi 2B+ به عنوان سخت افزار میانی استفاده خواهد شد.

## ۴- معماری کلی سیستم

این سیستم از یک برد Raspberry Pi 2B+ تشکیل شده که با استفاده از یک کابل شبکه به کامپیوتر اصلی متصل می‌شود و با استفاده از پورت USB به دستگاه برنامه‌ریز متصل می‌شود و دستگاه برنامه‌ریز عمل برنامه‌ریزی کردن را انجام می‌دهد. بخش‌های مختلف سیستم به شرح زیر است:

### ۴-۱- نرم افزار

برای ارسال فایل برنامه‌ای که باید بر روی FPGA برنامه‌ریزی شود باید یک نرم افزار برای کامپیوتر طراحی شود که هویت خود را برای Raspberry Pi اثبات کند، ارتباطی امن با Raspberry Pi برقرار کرده و فایل مورد نظر را برای آن ارسال کند.

ارتباط شبکه بین کامپیوتر و سخت افزار میانی باید دارای دو ویژگی باشد:

#### ۱) تضمین صحت اطلاعات ارسال شده

برای تضمین صحت اطلاعات ارسال شده از پروتکل TCP برای انتقال اطلاعات استفاده خواهد شد. این پروتکل صحت اطلاعات ارسال شده را با قراردادن Sequence number در هر بسته و استفاده از Checksum با احتمال بسیار بالایی تضمین می‌کند. در نهایت برای اطمینان بیشتر از صحت اطلاعات ارسال شده از فایلی که برای سخت افزار میانی ارسال می‌شود Checksum محاسبه می‌شود و همراه فایل برای سخت افزار ارسال می‌گردد. سخت افزار میانی پس از دریافت فایل Checksum را محاسبه کرده و با مقداری که دریافت کرده است مقایسه می‌کند و در صورت مغایرت درخواست ارسال مجدد را ارسال می‌کند.

#### ۲) تضمین امنیت ارتباط بین سخت افزار میانی و کامپیوتر

برای برقراری یک ارتباط امن در این سیستم از پروتکل SSL استفاده می‌شود. با استفاده از این پروتکل شرکت‌های مختلف می‌توانند نام کاربری و رمز عبور مخصوص خود را برای سخت افزار میانی شرکت خود تنظیم کنند تا سایر افراد امکان ارتباط با سخت افزار میانی را نداشته باشند. علاوه بر این به دلیل اینکه سیستم عامل Linux بر روی Raspberry Pi نصب خواهد شد امکان دسترسی به خود Raspberry Pi از راه دور به صورت امن از طریق ssh امکان پذیر خواهد بود. استفاده از این پروتکل امنیت ارتباط شبکه این سیستم را تضمین خواهد کرد.

در کنار نرم افزاری برای سیستم اصلی باید نرم افزاری برای برد Raspberry Pi طراحی کرد که فایل مورد نظر را از سیستم دریافت کرده و سپس با دستگاه برنامه‌ریز اتصال برقرار کرده و عمل برنامه‌ریزی را انجام دهد.

### ۴-۲- برد Raspberry Pi

سری بردهای Raspberry Pi کامپیوترهای ارزانی هستند که با هدف ترویج آموزش علوم کامپیوتر و الکترونیک در مدارس و دانشگاه‌ها ارائه شده‌اند و به دلیل داشتن پورت USB و Ethernet یکی از بهترین گزینه‌ها برای قرار گرفتن در سیستم به عنوان

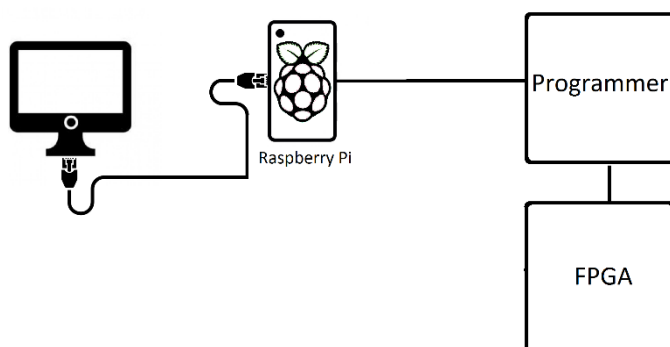
سخت افزار میانی می‌باشند. همچنین این بردها به همراه یک توزیع از لینوکس به اسم Raspbian ارائه می‌شوند که نیازهای اولیه این پروژه در قسمت سخت افزار میانی را برطرف می‌کند.

#### ۴-۳- دستگاه برنامه‌ریز

برای این پروژه از یک دستگاه برنامه‌ریز با قابلیت برنامه‌ریزی کردن از طریق JTAG استفاده می‌شود که از طریق کابل USB به برد Raspberry Pi متصل می‌شود.

#### ۵- شکل کلی سیستم

این سیستم در قالب یک برد Raspberry Pi و یک نرم افزار ارائه می‌شود که با اتصال دستگاه برنامه‌ریز و برد FPGA و شبکه می‌تواند فعالیت خود را انجام دهد. شکل کلی سیستم به صورت زیر است:



شکل ۱. شکل کلی سیستم