



دانشگاه سبز

بسمه تعالی

پروژه درس طراحی سیستمهای دیجیتال

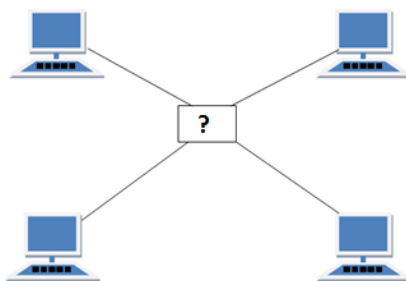
تاریخ تحویل: ۲۲ بهمن ماه ۱۳۹۹

هدف پروژه

یکی از کاربردهای مدارات منطقی برنامه پذیر، پیاده سازی تجهیزات مخابراتی و شبکه می باشد. در این پروژه با مقدمات اولیه ای از یک طراحی با این مضمون آشنا خواهید شد.

مفاهیم مورد نیاز در انجام پروژه

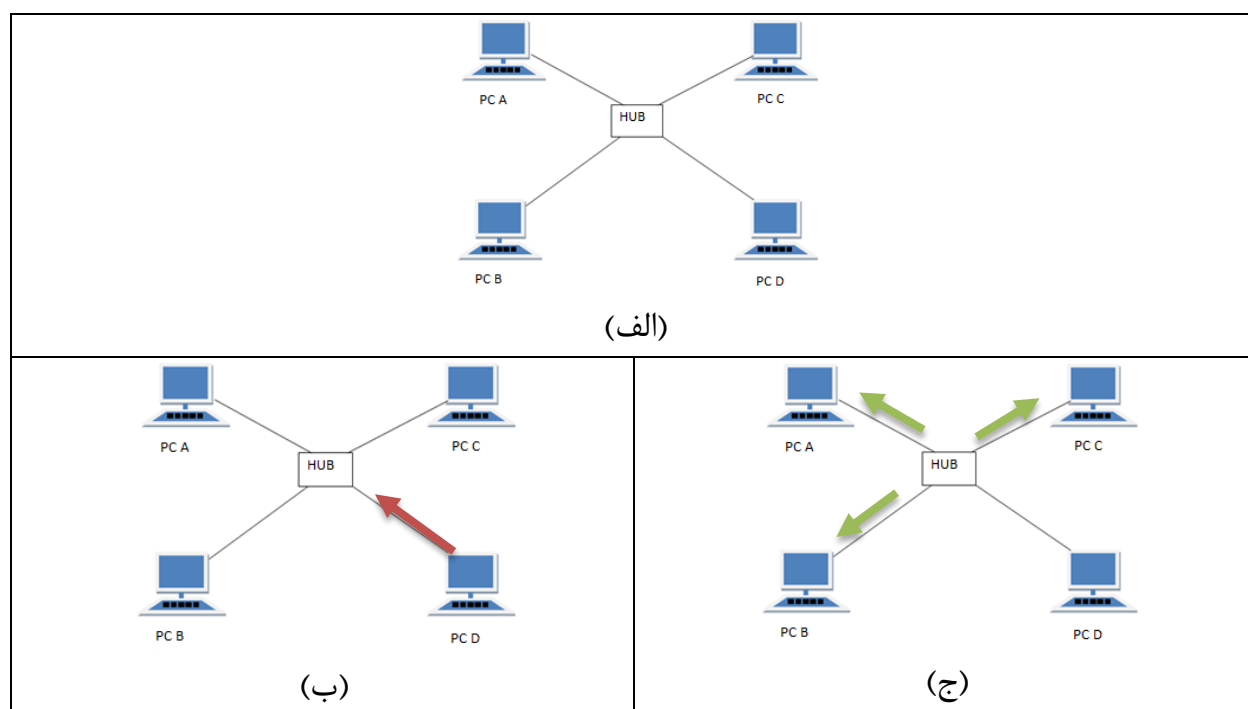
در این پروژه FPGA به عنوان یک واسط بسته^۱ های اطلاعاتی را دریافت و به سمت مقصد روانه می کند. این وظیفه را در تجهیزات شبکه ادواتی همچون هاب، سوئیچ و یا روتر (سوئیچ لایه ۳) در سطوح مختلف انجام می دهند. برای توضیح مختصر تفاوت این سه تجهیز، مطابق شکل ۱ دستگاهی دارای چهار پورت را تصور کنید که می تواند به چهار وسیله دیگر متصل و ارتباط بین آنها را برقرار نماید.



شکل ۱. تجهیز شبکه چهار پورتی برای اتصال چهار وسیله

¹ Packet

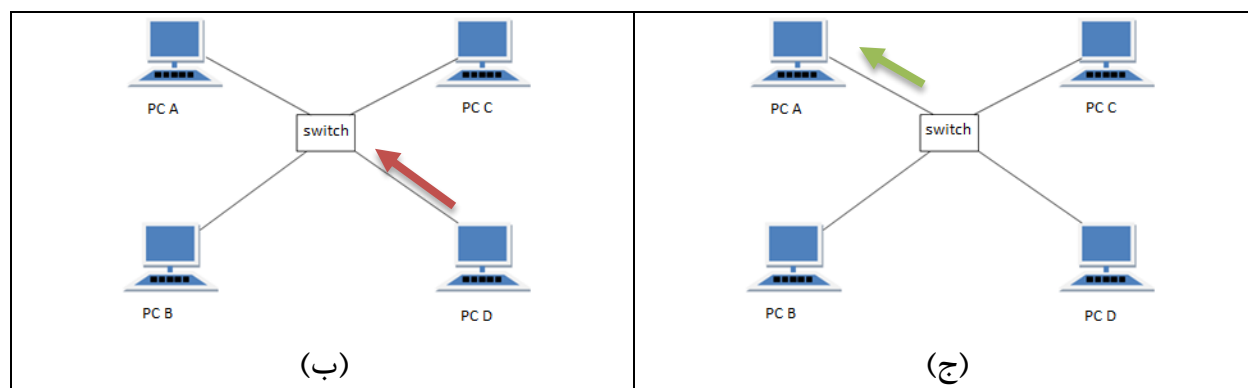
کلیت شیوه عملکرد هاب بدین صورت است که بسته دریافتی از یک پورت را به بقیه پورت ها ارسال می نماید. برای تشریح بهتر عملکرد هاب به شکل ۲ دقت کنید. فرض کنید چهار کامپیوتر A، B، C و D از طریق این هاب به یکدیگر متصل باشند. زمانی را در نظر بگیرید که کامپیوتر D قصد ارسال بسته ای به کامپیوتر A را دارد. در این صورت کامپیوتر D بسته را برای هاب فرستاده و هاب پس از دریافت بسته از کامپیوتر D آن را برای همه ارسال می کند. طبیعتاً بسته به دست کامپیوتر A هم خواهد رسید و آن را برداشته و پردازش می کند و سایر کامپیوترها با دیدن اینکه این بسته برای آنها نیست از آن صرف نظر خواهند کرد. تمام تجهیزات متصل به شبکه دارای یک آدرس یکتا ۴۸ بیتی با نام MAC Address هستند که توسط شرکت سازنده در آنها قرار داده می شود. لذا با توجه به آنچه گفته شد، هر چهار کامپیوتر دارای یک MAC یکتا و متفاوت و ثابت هستند. شکل ۲-الف این توپولوژی با استفاده از هاب را نشان می دهد. شکل ۲-ب ارسال بسته توسط کامپیوتر D را نشان می دهد که بسته به هاب رسیده و پس از دریافت بسته آن را به سایر پورت های خود (در برخی به همه پورت های خود) باز ارسال می کند.



شکل ۲. مکانیزم کاری یک هاب

سوئیچ لایه ۲

تفاوت سوئیچ با هاب در این است که سوئیچ عملاً بسته را صرفاً روی پورتهای که وسیله مقصد به آن متصل است ارسال می‌کند و عملاً در سناریو قبلی بسته کامپیوتر D صرفاً برای کامپیوتر A ارسال شده و برای سایر کامپیوترها ارسال نمی‌شود. این امر دارای دو حسن عمده می‌باشد. اول پورت مربوط به کامپیوترهای B و C برای ارسال این بسته اشغال نمی‌گردد و کارایی شبکه را بالاتر می‌برد. دوم به لحاظ امنیت می‌تواند در سطح بالاتری قرار گیرد زیرا بسته‌های مربوط به کامپیوتر A به دست سایر کامپیوترها نمی‌رسد.



شکل ۳. مکانیزم کاری یک هاب

روتور یا سوئیچ لایه ۳

در این تجهیز امکان مسیریابی با استفاده از آدرس IP وجود دارد که با توجه به اینکه در این پروژه از آن استفاده ای نمی‌شود از شرح آن صرف نظر می‌گردد.

ساختار ساده شده بسته اترنت در این پروژه

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود ساختار ساده شده ای از یک بسته با پروتکل شبیه به اترنت (IEEE802.3) را نشان می‌دهد. برای سادگی در پیاده سازی در این پروژه برخی قسمت‌های اختیاری حذف و یا ساده سازی شده است.

جدول ۱. ساختار ساده شده بسته اترنت در این پروژه

Start frame delimiter	MAC destination	MAC source	length	Payload	32-bit CRC
1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46-1500 octets	4 octets

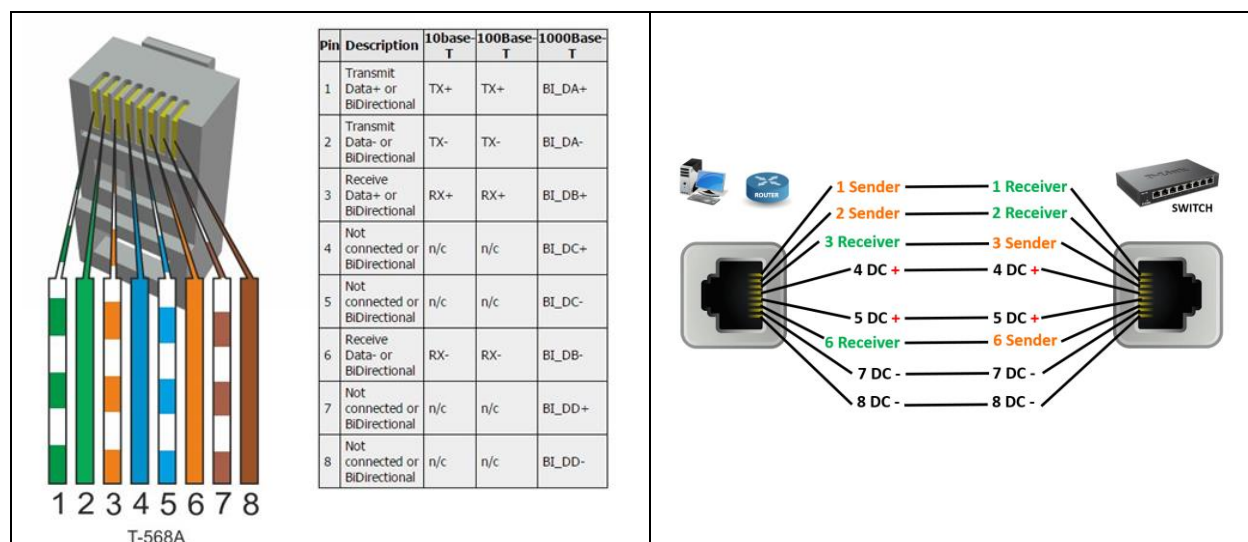
- **Start Frame Delimiter (SFD):** در ابتدای بسته اترنت، یک بایت 10101011 ارسال می‌گردد تا گیرنده شروع یک بسته جدید را متوجه شود. ارسال این بایت از چپ به راست (از MSB) ارسال می‌گردد. (لازم به ذکر است که در بسته اترنت قبل از SFD، ۷ بایت preamble برای سنکرون سازی فرستنده و گیرنده ارسال می‌گردد که صفر و یکهای متوالی هستند. در این پروژه برای سادگی از این قسمت صرف نظر شده است)
 - **Destination MAC:** ۴۸ بیت آدرس MAC گیرنده بسته را مشخص می‌کند.
 - **Source MAC:** ۴۸ بیت آدرس MAC فرستنده را مشخص می‌کند.
 - **Length:** طول payload را بر حسب بایت مشخص می‌کند. حداکثر طول بسته می‌تواند 1500 بایت باشد. (اعداد بزرگتر از ۱۵۰۰ می‌تواند بسته به استاندارد معنای خاص داشته باشد که در این پروژه از آن صرف نظر می‌گردد)
 - **Payload:** داده رد و بدل شده در داخل بسته اترنت می‌باشد. عملاً Payload همان بسته مربوط به لایه ۳ می‌باشد.
 - **CRC:** جهت اطمینان از صحت بسته دریافتی، فرستنده در انتها ۳۲ بیت کد تشخیص و تصحیح خطای CRC را قرار می‌دهد. گیرنده با دریافت بسته مجدداً CRC را محاسبه و با CRC فرستنده مقایسه و با این روش می‌تواند به صحت بسته دریافتی اطمینان حاصل نماید.
- نکته مهم در استاندارد اترنت آن است که در هر فیلد بسته اترنت، بایتهای از پرارزش به کم ارزش به صورت سریال ارسال می‌شوند ولی در ارسال هر بایت، از بیت کم ارزش (LSB) شروع به ارسال می‌شود. به عنوان مثال جدول ۲ ترتیب ارسال بایتهای آدرس مبدا که یک فیلد ۶ بیتی هست را نشان می‌دهد. اعداد نشان داده شده به معنای آن هست که هر بیت به عنوان بیت چندم به صورت سریال ارسال می‌گردند.
- البته در ارسال SFD بر خلاف سایر فیلدها بایتهای از چپ به راست ارسال می‌گردند.

جدول ۲. زمان بندی ارسال بیت ها به صورت سریال

Octet5				Octet4				Octet3				Octet2				Octet1				Octet0			
8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	5	4	3	2	1	0	4	3	2	1	0	3	2	1	0	2	1	0	3	2	1	0	4

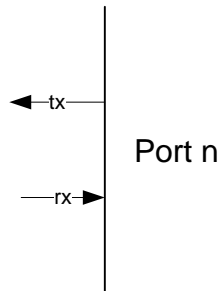
ساختار هر پورت

هر پورت ارتباط را با یک وسیله متصل به شبکه را به صورت Full-Duplex فراهم می نماید. عملا به این معنا است که برای ارسال و دریافت سیم و مسیرهای متفاوتی در نظر گرفته شده است. شکل ۴ یک سوکت RJ45 را نشان می دهد. همانگونه که در شکل دیده می شود در استاندارد T-568A (و همچنین T-568B) عملا دو سیم به صورت تفاضلی وظیفه ارسال و دو سیم به صورت تفاضلی وظیفه دریافت را خواهند داشت.



شکل ۴. شماتیک و اتصال سیم ها در سوکت RJ45

با توجه به شکل ۴ عملا امکان ارسال و دریافت همزمان در آنها وجود دارد. در نتیجه در این پروژه نیز به ازای هر پورت یک خروجی برای ارسال و یک ورودی برای دریافت در نظر گرفته شده است. شکل ۵. شمای کلی هر پورت این تجهیز شبکه را نشان می دهد.



شکل ۵. شماتیک هر پورت این تجهیز

با توجه به شکل ۵ هر پورت تجهیز شبکه دارای یک خروجی که بسته را به صورت سریال ارسال می‌نماید و همچنین یک ورودی که داده را به صورت سریال دریافت می‌کند.

تعریف پروژه

با توجه به توضیحات ابتدایی داده شده، سخت افزارها با مشخصات زیر را توصیف نمایید. برای انجام پروژه از XC6SLX9 با بسته بندی^۳ FTG256 و speed=-2 استفاده نمایید. برای شروع می‌توانید کلاک ورودی را 50MHz در نظر بگیرید.

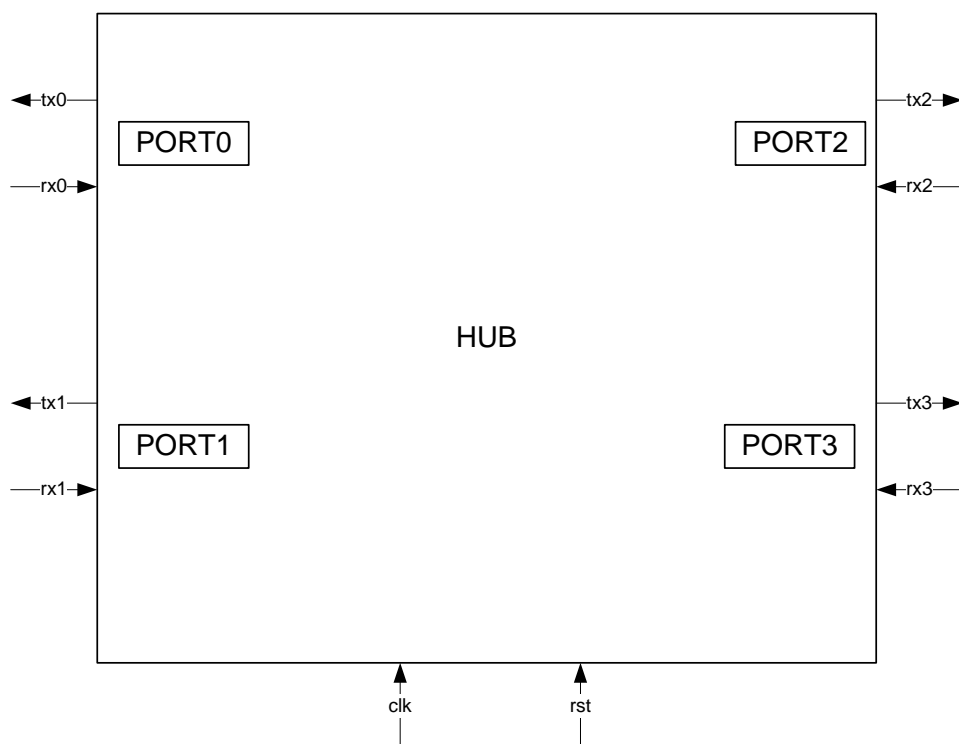
فاز اول

الف) طراحی و پیاده سازی یک هاب چهار پورتی (۶۰ نمره)

با توجه به مشخصات تعریف شده برای هاب و همچنین فرمت بیان شده برای یک بسته اترنت ساده شده، یک هاب چهار پورتی را طراحی و پیاده سازی کنید.

در طراحی توصیه می‌شود در ورودی و خروجی هر پورت یک بافر جهت نگهداری موقت بسته ها تا زمان سرویس دهی در نظر بگیرید.

³ Package



شکل ۶. ساختار یک HUB ساده

(ب) طراحی و پیاده سازی یک سوئیچ لایه ۲ ساده (۸۰نمره)

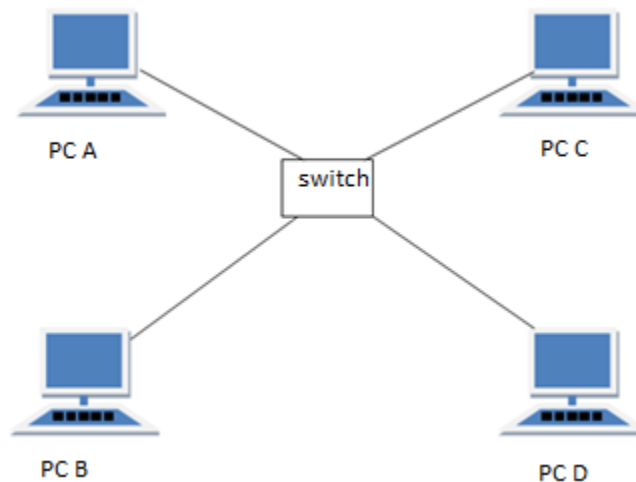
در این قسمت طراحی یک سوئیچ لایه ۲ ساده است. در این قسمت فرض بر آن است که جدول آدرس سوئیچ^۴ باید به صورت خودکار توسط سوئیچ تکمیل و به روز شود. جدول آدرس سوئیچ عملاً نشان می‌دهد وسیله متصل به هر پورت دارای چه آدرس MAC می‌باشد. (دقت کنید برای سادگی فرض کنید هر پورت سوئیچ به یک وسیله خاص وصل است و به هاب دیگری وصل نیست) (به عبارت دیگر به یک سگمنت وصل نیست))

جدول ۳. مفهوم جدول آدرس سوئیچ

آدرس MAC ۴۸ بیتی متصل به پورت	شماره پورت
000A959D6816	0
000B846D6817	1
00A6646D9C97	2
000B811E6F17	3

⁴ MAC Table

عملا برای پیاده سازی این جدول می توان از یک حافظه استفاده کرد. نحوه عملکرد سوئیچ برای پر کردن آدرس های این جدول به شرح زیر است. فرض کنید کامپیوتر A (PC A)، B، C و D به ترتیب به پورت های صفر، یک و دو و سه سوئیچ متصل هستند.



شکل ۷. توپولوژی شبکه مفروض

در لحظه شروع (یا پس از ریست) سوئیچ از آدرس MAC وسایل متصل به خود اطلاعی ندارد و عملا جدول آدرس سوئیچ خالی است. حال فرض کنید کامپیوتر A، بسته ای برای کامپیوتر B ارسال می کند. پس سوئیچ اولین بسته اطلاعاتی را از روی نود A دریافت می کند. از روی قسمت آدرس Source MAC بسته دریافتی از کامپیوتر A به آدرس MAC کامپیوتر متصل به پورت صفر دست می یابد و آن را در جدول آدرس سوئیچ وارد می کند. از این پس سوئیچ به محض دریافت یک بسته اطلاعاتی که آدرس مقصد، کامپیوتر A آدرس دهی شده باشد می تواند با توجه به جدول آدرس بفهمد که بسته صرفا برای پورت صفر باید ارسال شود. به این عملیات Learning می گویند. یعنی به محض دیدن یک MAC Address جدید سوئیچ آن را یادداشت می کند و آن را یاد می گیرد.

با توجه به اینکه سوئیچ، آدرس MAC کامپیوتر B را نمی شناسد، بسته را به تمامی پورت ها به استثنای پورت صفر که فرستنده بسته بوده است، می فرستد. هرگاه سوئیچ برای یافتن یک نود مشخص بسته را به تمامی سگمنت ها بفرستد در اصطلاح به این عمل Flooding می گویند.

بدیهی است که هر زمان در جدول آدرس سوئیچ مشخص شود کامپیوتر B به پورت یک متصل است صرفا به پورت ۱ بسته ارسال می شود.

گزارش پروژه

- * این پروژه می تواند به صورت گروه های حداکثر ۴ نفره انجام شود.
- * پروژه در مراحل مختلف دارای نمره تشویقی می باشد که گروه ها می توانند در راستای انجام آن اقدام نمایند. نمره پروژه ۱۰۰ می باشد.
- * پروژه دارای جلسه دفاع به صورت مجازی تصویری می باشد. زمان جلسه پس از مهلت تحویل از طریق گروه درسی هماهنگ خواهد شد.
- * حضور تمامی اعضا در جلسه الزامی است. در صورت عدم حضور در جلسه دفاع نمره ای به فرد غایب تعلق نمی گیرد.
- * گروه ها می توانند برای سادگی در ابتدای شروع انجام پروژه، طول همه بسته های ارسالی و دریافتی را ثابت و برابر ۷۰ بیت در نظر بگیرید. در این صورت ۷۵٪ نمره هرفاز از پروژه را حداکثر اخذ خواهند نمود.
- * حداکثر نمره تشویقی قابل اخذ از این پروژه ۵۰٪ بارم کل پروژه خواهد بود.

- ۱- با توجه به ساختار Top-Down Design، زیر ماژولهای مناسب را تعریف کنید و نقش هر یک از اعضا را در انجام پروژه ذکر فرمایید. (۲۰٪ از بارم هر فاز)
- ۲- زیر ماژولهای تعریف شده را تک تک طراحی کنید و صحت کار آن را از طریق شبیه سازی تست کنید. (۶۰٪ از بارم هر فاز)
- ۳- Topmodule را با استفاده از نمونه گیری از زیر ماژولها و اتصال مناسب آن ها بسازید. (۱۰٪ از بارم هر فاز)
- ۴- نوشتن تست بنچ برای ماژول نهایی و تست عملکردی نهایی Topmodule ها سخت می باشد. در صورتی که گروهی خلاقیت به خرج دهند و با کمک گرفتن از سایر زبانهای برنامه نویسی و به هر نحوی امکان تست کامل با یک سناریو کامل (ارسال بسته ها جداگانه و همزمان توسط نودها) به صورت نرم افزاری را فراهم نمایند نمره تشویقی (تا حداکثر ۱۵ نمره) به آنها تعلق خواهد گرفت.
- ۵- تحقیق کنید آیا HUB و سوئیچ طراحی و توصیف شده گروه شما تا حداکثر کدام یک از سرعت های 1/10/100Mbps را پشتیبانی می کند. (۱۰٪ از بارم هر فاز)

*** ضروری است تمام اعضای گروه با نام یکسان (شماره دانشجویی اعضای گروه) گزارش پروژه خود را به صورت تاپ شده به همراه فایل‌های پروژه در قالب فایل فشرده در سامیاد بارگزاری نمایید.**

موفق باشید

صفدر خانی