

«دستور کار آزمایشگاه مدارهای منطقی»

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی شریف

۱۳۹۹/۶/۳۰

۱- مقدمه

این دستور کار بر مبنای دستور کار فعلی آزمایشگاه مدار منطقی که در پاییز ۱۳۸۸ توسط دکتر حسین اسدی بازنگری شده است و با هدف افزایش قابلیت اجرای آزمایش‌ها در محیط شبیه‌سازی پروتئوس تهیه شده است.

عناوین آزمایش‌ها، عبارتند از:

- آزمایش اول: آشنایی با محیط‌های شبیه‌سازی
 - آزمایش دوم: شیفت رجیسترها
 - آزمایش سوم: شمارنده‌ها
 - آزمایش چهارم: یک مدار کنترل‌کننده ساده (تایمر ماشین لباس‌شویی / تلفن راه‌دور)
 - آزمایش پنجم: آشنایی با ALU
 - آزمایش ششم: طراحی یک برد مدار چاپی (PCB)
- زمان انجام مجموعه آزمایش‌ها، دوازده هفته و طبق زمان‌بندی جدول ۱ پیش‌بینی می‌شود.

جدول ۱- زمان‌بندی انجام آزمایش‌ها

ردیف	عنوان آزمایش	تعداد جلسات	توضیحات
۱	آشنایی با محیط‌های شبیه‌سازی	۲	
۲	شیفت رجیسترها	۲	
۳	شمارنده‌ها	۲	
۴	یک مدار کنترل‌کننده ساده	۲	
۵	آشنایی با ALU	۳	
۶	طراحی یک برد مدار چاپی (PCB)	۱	

۲- آزمایش اول: آشنایی با محیط‌های شبیه‌سازی

هدف از این آزمایش آشنایی با محیط‌های نرم‌افزاری شبیه‌سازی مدارهای منطقی است. این آزمایش در سه بخش انجام می‌شود. در بخش اول، به کمک نرم‌افزار Fritzing^۱ با طرز کار و نوع اتصالات یک بردبرد (Breadboard) آشنا خواهید شد. در بخش دوم آزمایش، یک مدار ترکیبی ساده را با نرم‌افزار Logisim^۲ رسم و تست می‌کنید و بالاخره در بخش سوم، مدار ترکیبی پیچیده‌تری را با نرم‌افزار Proteus^۳ خواهید ساخت. زمان پیش‌بینی شده برای انجام این آزمایش، دو جلسه سه ساعته است.

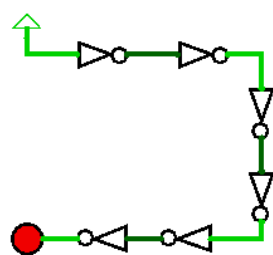
۲-۱- رسم مدار با Fritzing

در این آزمایش می‌خواهیم علاوه بر آشنایی با نرم‌افزار Fritzing، با طرز کار بردبرد هم آشنا شویم. متأسفانه این نرم‌افزار قابلیت شبیه‌سازی ندارد. بنابراین تنها راه اطمینان از اینکه مدار را درست بسته‌اید، این است که نشانگر ماوس را روی یک اتصال قرار داده و کلید سمت چپ را فشار دهید. با این کار همه نقاطی که به این نقطه متصل هستند، سبزنگ می‌شوند و با این روش می‌توانید مدار را به طور دستی کنترل کنید. در هر بخش از آزمایش، از اتصالات بخش‌های مختلف مدار خود screenshot بگیرید و ضمیمه گزارش کنید.

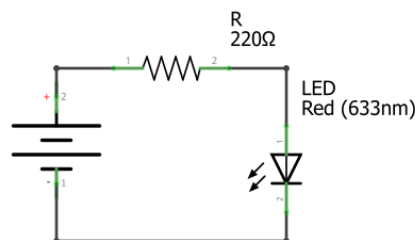
۲-۱-۱- یک بردبرد خالی را در نظر بگیرید و به کمک ماوس نحوه اتصالات داخلی آن را پیدا کنید.

۲-۱-۲- یک مدار ساده شامل یک مقاومت، یک LED و یک باتری، مطابق با شکل ۱ روی بردبرد ببندید.

۲-۱-۳- یک تراشه ۷۴۰۴ (یا هر تراشه مشابه که شامل ۶ گیت NOT باشد) انتخاب کنید و مدار شکل ۲ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۲- مدار آزمایش ۲-۱-۳



شکل ۱- مدار آزمایش ۲-۱-۱

۲-۲- ساخت مدار با Logisim

مدارهای زیر را با نرم‌افزار logisim رسم کنید.

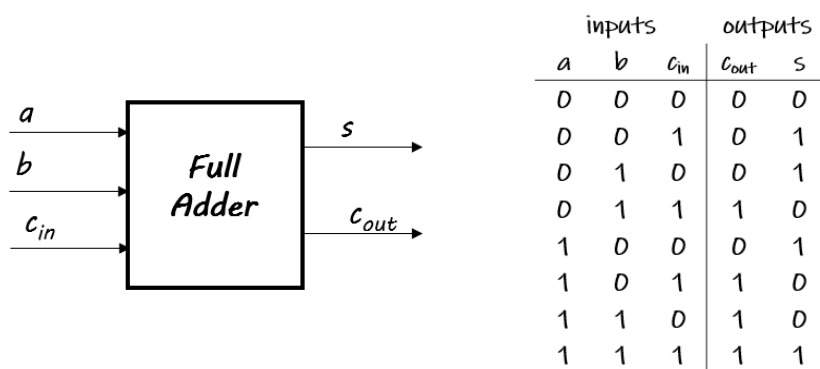
۲-۲-۱- یک مدار جمع‌کننده کامل (Full Adder)، مطابق شکل ۳ بسازید.

۲-۲-۲- به کمک مدار جمع‌کننده شکل ۳ و با اضافه کردن گیت‌های مناسب، یک جمع‌کننده/تفریق‌کننده ۴ بیتی بسازید که طبق شکل ۴ عمل کند. این مدار بسته به مقدار ورودی Cin، حاصل جمع یا تفریق دو عدد چهاربیتی ورودی را در خروجی تولید می‌کند.

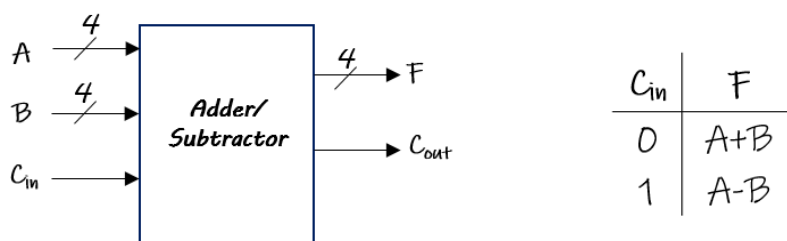
^۱ <https://fritzing.org/>

^۲ <https://sourceforge.net/projects/circuit/>

^۳ <https://dl2.soft98.ir/engineering/Proteus.Pro.8.9.SP0.Build.27865.rar>



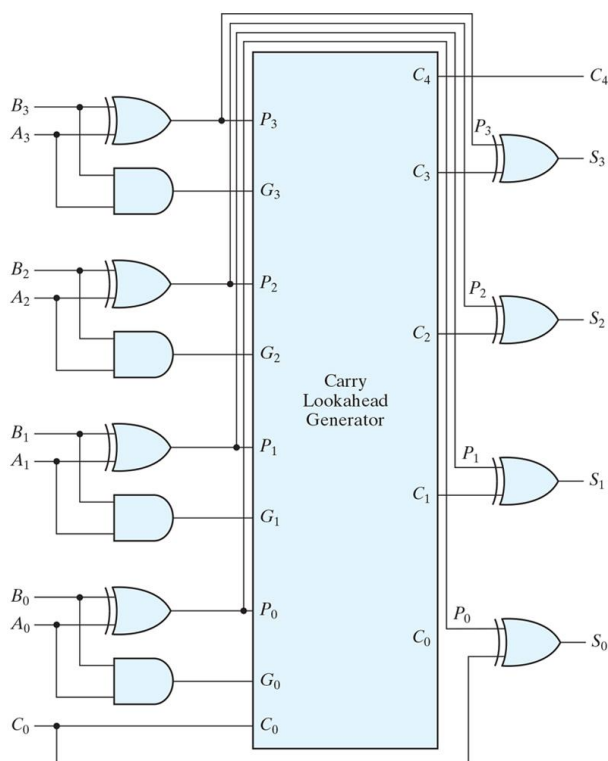
شکل ۳- مدار جمع کننده کامل



شکل ۴- مدار جمع کننده / تفریق کننده چهاربیتی

۳-۲ ساخت مدار با Proteus

یک جمع کننده چهاربیتی از نوع Carry-Look-Ahead، مطابق شکل ۵ بسازید.



شکل ۵- جمع کننده چهاربیتی Carry-Look-Ahead

۳- آزمایش دوم: شیفت رجیستر

هدف از این آزمایش، آشنایی شما با نحوه کارکرد انواع شیفت رجیسترها است. همه بخش‌های این آزمایش را با نرم‌افزار Proteus انجام دهید. زمان پیش‌بینی شده برای انجام این آزمایش، دو جلسه سه ساعته است.

۳-۱- طراحی و ساخت یک شیفت رجیستر

۳-۱-۱- مطابق شکل ۶ یک شیفت رجیستر با قابلیت بارگذاری موازی بسازید. در این آزمایش، ورودی clock را با یک کلید از نوع push button به مدار می‌دهید تا بتوان عملکرد مدار را با ورودی‌های مختلف سنجید. این مدار، یک ورودی کنترل‌کننده به نام Mode دارد که اگر یک باشد، ورودی‌های A تا D، همزمان و به طور موازی وارد شیفت رجیستر می‌شود و اگر صفر باشد، یک شیفت به بالا انجام می‌شود و ورودی S_{in} وارد فلیپ‌فلاپ A می‌شود.

۳-۱-۲- با اعمال ورودی‌های مناسب، مقدار اولیه 1010 را در شیفت رجیستر ذخیره کنید.

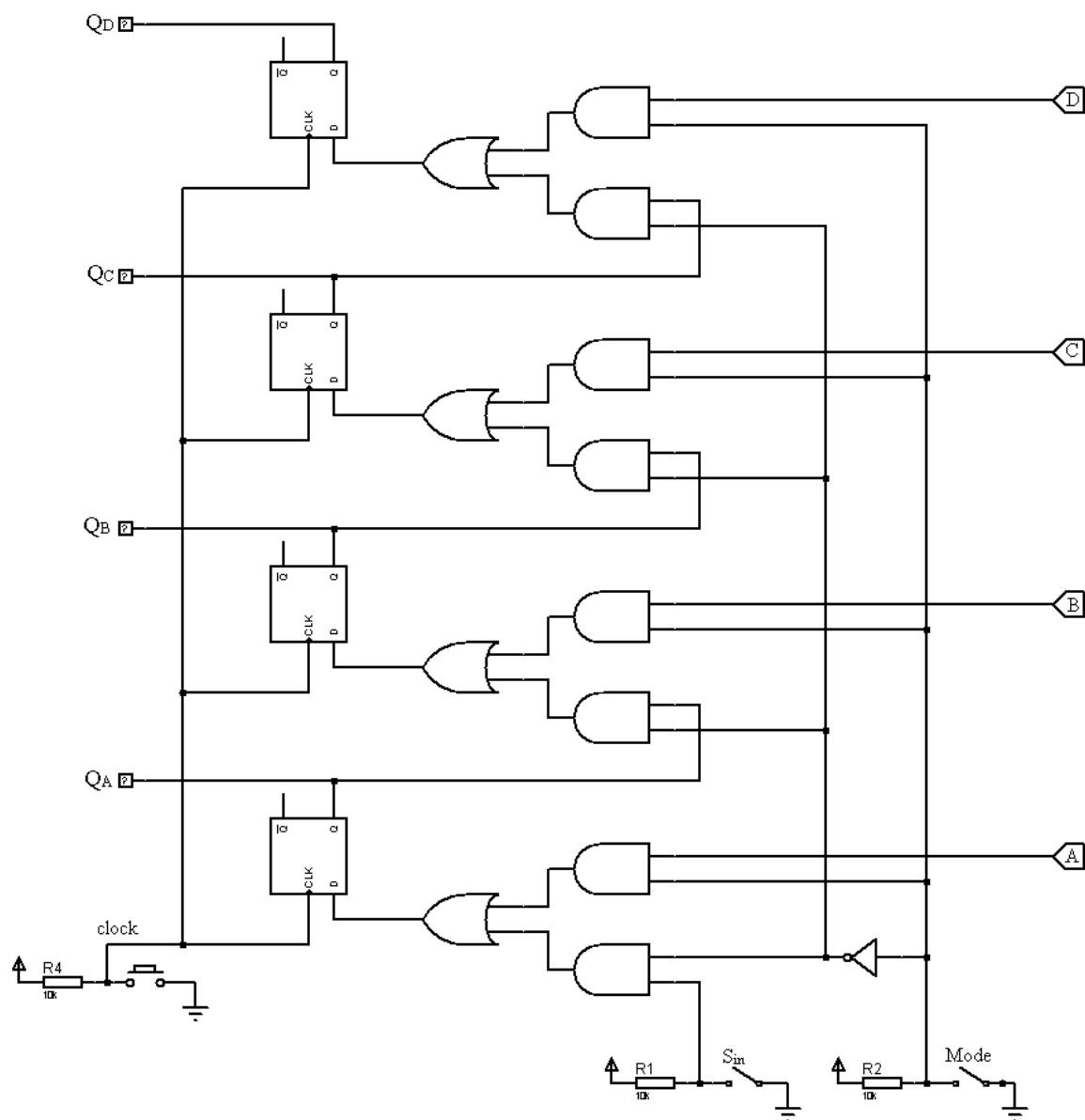
۳-۲-۳- با فرض اینکه فلیپ‌فلاپ A حاوی بیت پرارزش باشد، با قرار دادن کلیدهای Mode و S_{in} ، شیفت رجیستری با قابلیت شیفت به راست بسازید.

۳-۲-۴- با اعمال تغییرات لازم، مدار را به یک شیفت رجیستر دوطرفه (بدون قابلیت بارگذاری موازی) تبدیل کنید، به این ترتیب که اگر Mode=0، شیفت به راست و اگر Mode=1، شیفت به چپ انجام شود.

۳-۲- استفاده از شیفت رجیستر آماده

۳-۲-۱- با استفاده از تراشه 7495 یک شیفت رجیستر با قابلیت شیفت به راست و بارگذاری موازی بسازید.

۳-۲-۲- با اضافه کردن گیت‌های لازم به شیفت رجیستری که در بند قبل ساختید، مداری طراحی کنید که بتواند رشته‌های 1101، 1110، 0010 و 0001 را شناسایی کند. مدار باید دائماً به دنبال هر کدام از این رشته‌ها بگردد و به محض مشاهده یکی از آنها، خروجی یک تولید کند.



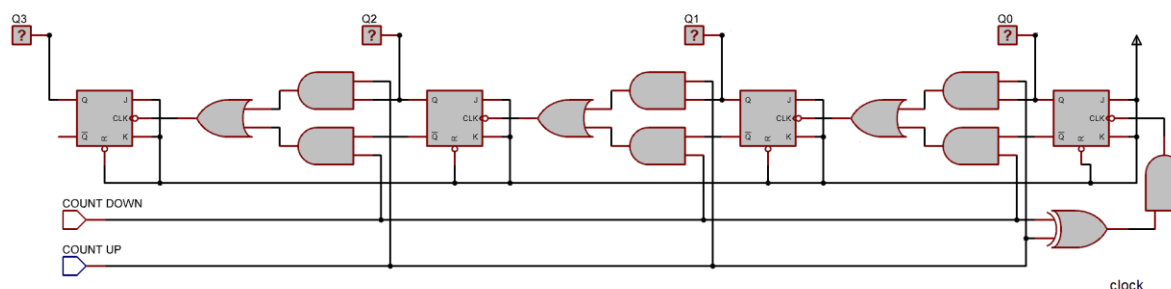
شکل ۶- شیفتر رجیستر یک طرفه با قابلیت بارگذاری موازی

۴- آزمایش سوم: شمارنده

هدف از این آزمایش، آشنایی شما با نحوه کارکرد انواع شمارنده‌ها است. همه بخش‌های این آزمایش را با نرم‌افزار Proteus انجام دهید. زمان پیش‌بینی شده برای انجام این آزمایش، دو جلسه سه ساعته است.

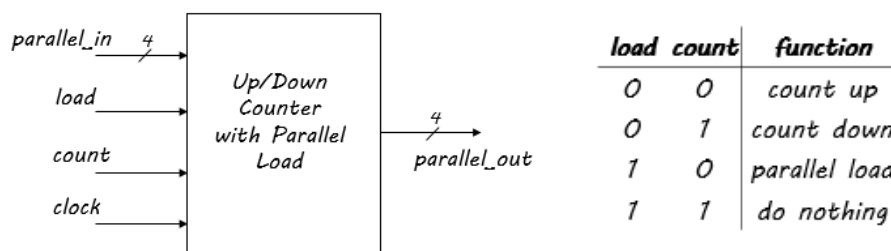
۴-۱- شمارنده دودویی آسنکرون

۴-۱-۱- مطابق شکل ۷، با استفاده از چهار فلیپ‌فلاپ JK یا T، یک شمارنده بالا/پایین‌شمار آسنکرون بسازید.



شکل ۷- شمارنده دودویی آسنکرون

۴-۱-۲- با اعمال تغییرات لازم، طبق شکل ۸ امکان مقداردهی موازی را به شمارنده خود اضافه کنید. برای این منظور می‌توانید از فلیپ‌فلاپ‌هایی استفاده کنید که قابلیت Clear و Preset آسنکرون دارند.



شکل ۸ - شمارنده آسنکرون بالا/پایین‌شمار با قابلیت مقداردهی موازی

۴-۲- شمارنده دودویی سنکرون

با استفاده از سه فلیپ‌فلاپ JK یک شمارنده سنکرون بسازید که اعداد صفر تا هفت را سه‌تا سه‌تا بشمارد. این شمارنده، یک ورودی X دارد که جهت شمارش را مشخص می‌کند، به این ترتیب که اگر $X=0$ شمارش رو به پایین و اگر $X=1$ شمارش رو به بالا خواهد بود.

۴-۳- شمارنده BCD

با استفاده از دو تراشه 74190 که یک شمارنده BCD با قابلیت مقداردهی اولیه و شمارش رو به بالا و پایین است، یک شمارنده برای شمارش اعداد صفر تا ۶۳ بسازید. خروجی شمارنده‌ها را به نمایشگرهای ۷ قطعه‌ای (7-seg LED) وصل کنید. توجه کنید تا جای ممکن از به‌کارگیری مدارهای اضافه بپرهیزید.

۵- آزمایش چهارم: مدار کنترل کننده

هدف از این آزمایش، ساخت یک مدار کنترل کننده ساده با کمک ASM Chart است. برای انجام این آزمایش، یکی از دو موضوع ۵-۱ یا ۵-۲ را انتخاب کنید و به کمک Proteus بسازید. زمان پیش‌بینی شده برای انجام این آزمایش، دو جلسه سه ساعته است.

۵-۱- تایمر یک ماشین لباسشویی

تایمر یک ماشین لباسشویی با مشخصات زیر طراحی کنید.

سیگنال‌های ورودی

کلیدهای دو حالت شروع (Start)، باز و بسته بودن شیر آب (Valve)، باز و بسته بودن در ماشین لباسشویی (Door)، انتخاب برنامه شست‌وشو با آب گرم یا سرد (Function).
یک کلید از نوع push-button برای بازگرداندن مدار به حالت اولیه (Reset).
یک مولد پالس برای ورودی clock.

سیگنال‌های خروجی

آب‌گیری (Fill) گرم کردن آب (Heat)، شست‌وشو (Wash)، تخلیه آب (Drain)، خشک کردن (Dry) و خاتمه (Finish)

طرز کار

با زدن کلید شروع کار ماشین لباسشویی آغاز می‌شود، به شرط آنکه شیر آب باز و در ماشین لباسشویی بسته و برنامه شست‌وشو مشخص باشد.
این ماشین، دو برنامه شست‌وشو با آب گرم و شست‌وشو با آب سرد دارد که با تغییر وضعیت یک کلید مشخص می‌شود.
در برنامه شست‌وشو با آب سرد، عملیات آب‌گیری، شست‌وشو، تخلیه و خشک کردن به ترتیب در زمان‌های T1، T3، T4 و T5 ثانیه انجام می‌شود.
در برنامه شست‌وشو با آب گرم، عملیات آب‌گیری، گرم کردن آب، شست‌وشو، تخلیه و خشک کردن به ترتیب در زمان‌های T1، T2، T3، T4 و T5 ثانیه انجام می‌شود.
در پایان هر دو برنامه شست‌وشو، خروجی خاتمه (Finish) فعال می‌شود و مدار در همان وضعیت باقی می‌ماند تا زمانی که کلید Reset فشرده شود و تایمر به حالت اولیه برگردد.
زمان‌های T1، T4 و T5 را ۲ پالس ساعت و زمان‌های T2 و T3 را ۳ پالس ساعت فرض کنید.

۵-۲- تلفن راه‌دور

مدار کنترل‌کننده یک تلفن راه‌دور با مشخصات زیر طراحی کنید.

سیگنال‌های ورودی

کلید دو حالت شروع (Start).

یک کلید از نوع push-button که هر بار فشرده می‌شود، به معنای انداختن یک سکه جدید است (Coin).

یک کلید از نوع push-button برای بازگرداندن مدار به حالت اولیه (Reset).

یک مولد پالس برای ورودی clock.

سیگنال‌های خروجی

برقراری تماس (Call)، هشدار (Alarm)، خطوط نشانگر تعداد سکه‌ها که به دو عدد نمایشگر ۷ قطعه‌ای متصل هستند.

طرز کار

این تلفن فقط سکه‌های ده ریالی را می‌پذیرد و تعداد سکه‌های موجود را بر روی دو نمایشگر ۷ قطعه‌ای نمایش می‌دهد. (حداکثر ۹۹ سکه)

برای برقراری تماس باید تعداد دلخواه (حداقل یک سکه) داخل تلفن انداخت و بعد کلید شروع را فشار داد تا تماس برقرار شود. به محض برقراری تماس تلفنی ده ریال از موجودی کسر می‌شود و چراغ نشان‌دهنده برقراری تماس روشن می‌شود که تا پایان تماس روشن می‌ماند. از این پس، به ازای هر T1 ثانیه (۲ پالس ساعت) ده ریال از میزان موجودی کسر می‌شود. وقتی موجودی به صفر برسد، چراغ هشداردهنده روشن می‌شود.

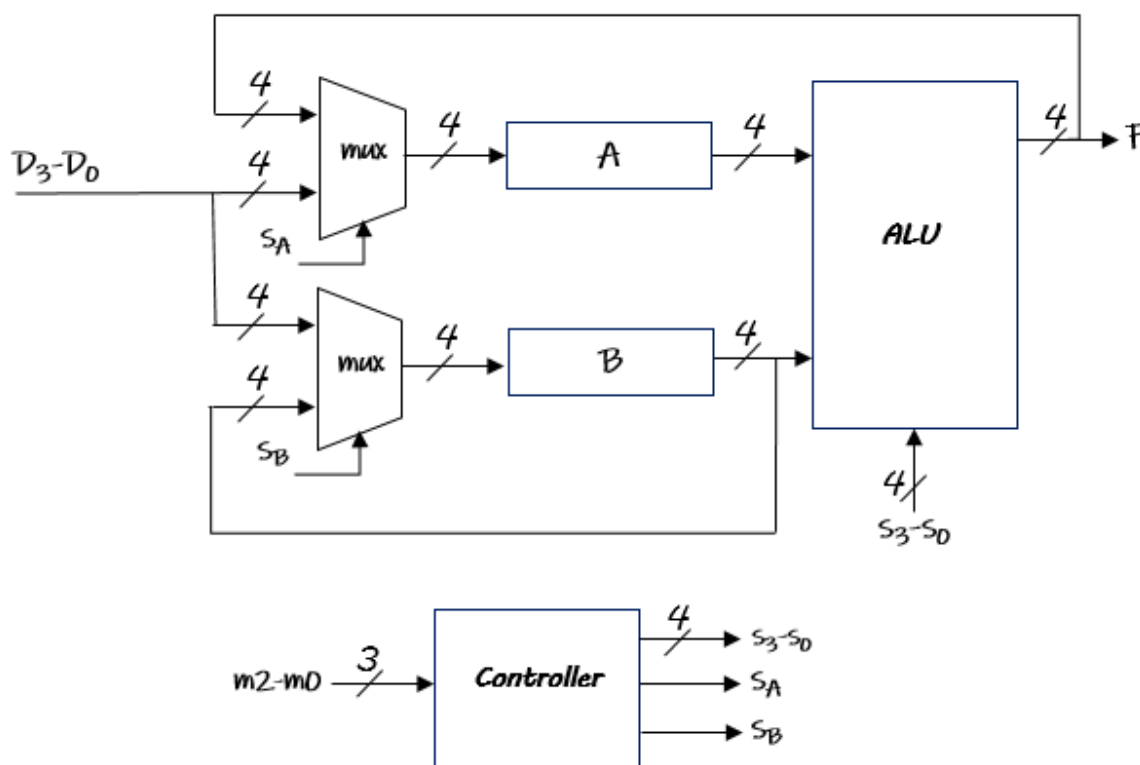
در حین مکالمه و حتی پس از روشن شدن چراغ هشداردهنده، امکان افزایش سکه‌ها وجود دارد. در صورتی که T2 ثانیه (۳ پالس ساعت) پس از روشن شدن هشداردهنده، سکه‌ای اضافه نشود، تماس تلفنی قطع خواهد شد، یعنی نشان‌دهنده تماس تلفنی خاموش می‌شود و هشداردهنده روشن می‌ماند، در حالی که با افزایش سکه‌ها، تماس تلفنی همچنان برقرار مانده و هشداردهنده خاموش می‌شود.

۶- آزمایش پنجم: واحد محاسبات و منطق (ALU)

هدف از این آزمایش، آشنایی با واحد محاسبات و منطق (ALU) است. همه بخش‌های این آزمایش را با نرم‌افزار Proteus انجام دهید. زمان پیش‌بینی شده برای انجام این آزمایش، سه جلسه سه ساعته است.

۶-۱- آشنایی با تراشه ۷۴۱۸۱

مداری طراحی کنید که طبق شکل ۹، دارای دو ثبات داده A و B، یک ALU و یک کنترل‌کننده باشد، به طوری که با دادن کدهای مختلف به ALU، اعمال مختلف بر روی ورودی‌ها انجام شود.



شکل ۹- مدار آزمایش ۶-۱

سیگنال‌های ورودی

خطوط داده D0-D3

خطوط دستور M0-M2

یک کلید از نوع push-button برای بازگرداندن مدار به حالت اولیه (Reset).

یک کلید از نوع push-button برای ورودی clock.

سیگنال‌های خروجی

این مدار سیگنال خروجی خاصی ندارد. برای بررسی کارکرد درست مدار باید محتویات ثبات‌های A و B و خروجی ALU قابل مشاهده باشد.

طرز کار:

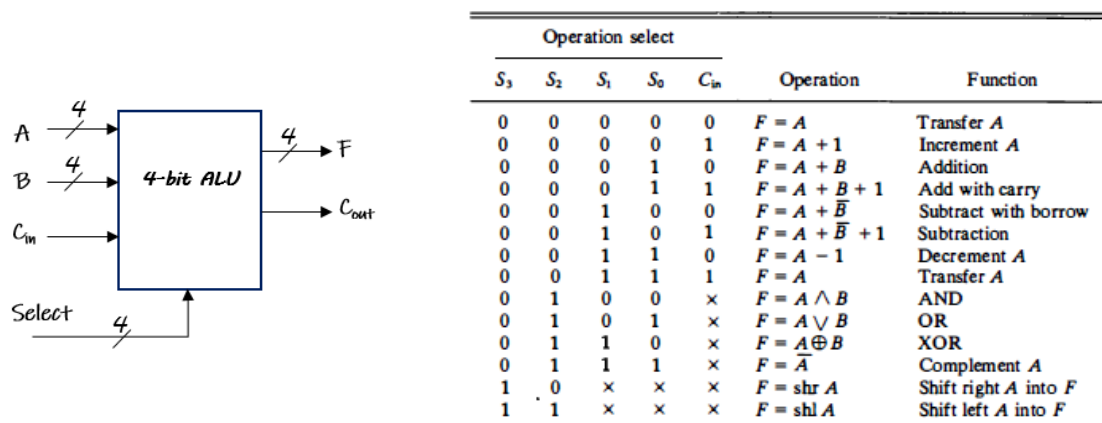
مدار باید طبق جدول ۲، با توجه ورودی‌های M0-M2 عملیات خاصی را انجام دهد. برای ساخت این مدار از تراشه‌های ۷۴۱۸۱ (ALU)، ۷۴۱۷۵ (ثبات‌ها)، ۷۴۱۵۷ (MUX) و تعداد کافی گیت‌های پایه استفاده کنید.

جدول ۲- عملیات صورت گرفته در مدار برحسب ورودی‌های M0-M2

M2	M1	M0	Operation
0	0	0	$A \leftarrow D_3-D_0$
0	0	1	$B \leftarrow D_3-D_0$
0	1	0	$A \leftarrow A$
0	1	1	$A \leftarrow B$
1	0	0	clear (A)
1	0	1	$A \leftarrow \text{not}(A)$
1	1	0	$A \leftarrow \text{and}(A,B)$
1	1	1	$A \leftarrow \text{add}(A,B)$

۲-۶- ساخت مدار داخلی ALU

یک واحد محاسبات و منطق چهاربیتی (4-bit ALU)، طبق شکل ۱۰ بسازید.



شکل ۱۰- واحد محاسبات و منطق ۴ بیتی

۷- آزمایش ششم: طراحی یک برد مدار چاپی (PCB)

به کمک نرم افزار پروتئوس مدار کنترل کننده ای را که در آزمایش چهار ساختید، بر روی یک برد مدار چاپی پیاده کنید. زمان پیش بینی شده برای انجام این آزمایش، یک جلسه سه ساعته است.