



درس مدارهای منطقی و سیستم‌های دیجیتال ۱
تکلیف کامپیوتری چهارم: طراحی مدارهای ترتیبی

دانشکده فنی دانشگاه تهران
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دکتر بیژن علیزاده

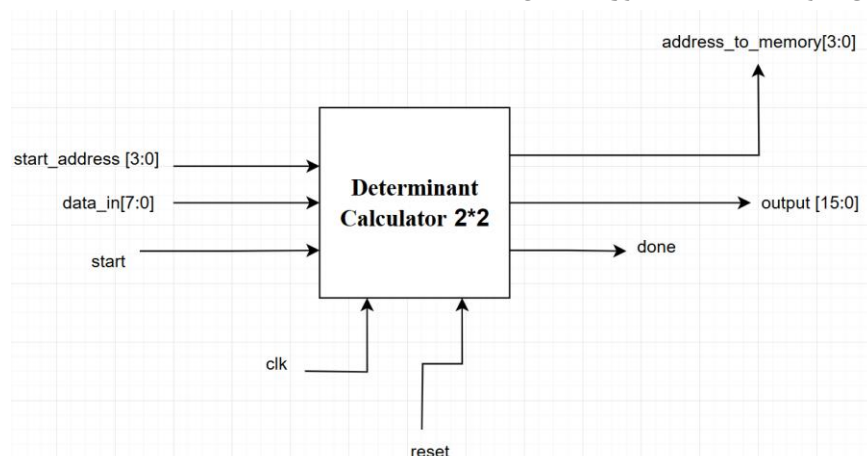
نیم‌سال اول سال تحصیلی ۱۴۰۳-۰۴
دستیاران آموزشی: امیرحسین یآوری خو، آرمین قاسمی
armin.ghasemi.2022@gmail.com
amirhoseinyavari13@gmail.com

سوال ۱: طراحی ماژول 2*2 Determinant Calculator (۴۰ درصد نمره)

در بسیاری از محاسبات سنگین کامپیوتری، از ماتریس‌های بزرگ و معکوس آنها استفاده می‌شود. در این قسمت، می‌خواهیم با استفاده از مفاهیم ماشین حالت، مسیرداده و مدارهای ترتیبی، مداری طراحی کنیم که دترمینان ماتریس ۲ در ۲ را محاسبه کند. توجه کنید که منظور از مسیرداده بخشی از طراحی است که شامل رجیسترها، مدارهای حسابی (مانند ضرب‌کننده و تفریق‌کننده) و سایر بلوک‌های ترکیبی مانند مالتی‌پلکسرها و دیکدرها است. ماتریس ۲ در ۲ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

فرض کنید یک واحد حافظه با طول ۱۶ و عرض ۸ بیت (حافظه‌ای با ۱۶ خانه که هر خانه ۸ بیتی است) وجود دارد که اطلاعات یک ماتریس به صورت سطری در این حافظه ذخیره شده است. بلوک دیاگرام ماژول خواسته شده به صورت شکل ۱ است.



شکل ۱- بلوک دیاگرام ماژول خواسته شده

این ماژول باید حداقل سخت‌افزار را داشته باشد و از لحاظ مساحت بهینه باشد. برای طراحی مدار مورد نظر، ابتدا لازم است مراحل مورد نیاز برای انجام این عملیات را به ترتیب در کنترلر اعمال کنید و برای هر عملیات یک یا چند حالت^۱ در نظر بگیرید:

الف) حالت IDLE: در این حالت، تمامی ریست‌ها فعال می‌شوند. در صورتی که سیگنال Start یک باشد، از این حالت خارج خواهید شد و به حالت بعدی می‌روید. سیگنال Start به منزله‌ی valid بودن سیگنال‌های ورودی و آماده بودن داده‌ها برای پردازش است.

ب) خواندن ماتریس: در ابتدا، نیاز است چهار درایه‌ی مورد نظر ماتریس را به ترتیب بخوانید و در رجیسترهای موجود در مسیره‌ده ذخیره کنید. از آنجایی که واحد حافظه فقط یک پورت خروجی دارد، این عملیات ۴ سیکل متوالی طول می‌کشد. از آنجایی که چهار درایه‌ی ماتریس به ترتیب در آدرس start_address تا start_address + 3 ذخیره شده‌اند، در ابتدا نیاز دارید که این عدد را در یک شمارنده load کنید و در هر سیکل یک واحد به آن اضافه کنید.

ج) عملیات ضرب: با توجه به محدودیت سخت‌افزار در نظر گرفته شده، فقط از یک ماژول ضرب‌کننده و تفریق‌کننده می‌توانید استفاده کنید. بعد از خواندن تمامی درایه‌های ماتریس، در ۲ سیکل متوالی دو عملیات ضرب را انجام دهید. از آنجایی که درایه‌های متفاوتی را باید به عنوان ورودی به ضرب‌کننده بدهید، باید قبل از هر یک از ورودی‌های ضرب‌کننده از مالتی‌پلکسر ۲ به ۱ استفاده کنید. نتیجه‌ی ۲ ضرب متوالی را نیز باید در ۲ رجیستر متفاوت ذخیره کنید. بنابراین نیاز به یک ماژول دی‌مالتی‌پلکسر خواهید داشت که مشابه آن را در تمرین‌های دستی قبلی دیده‌اید. سخت‌افزار مورد نیاز برای این قسمت را به مسیره‌ده اضافه کنید و حالت‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی این عملیات را به کنترلر اضافه کنید.

د) عملیات تفریق: در مرحله‌ی آخر، دو عدد ذخیره شده که حاصل ضرب درایه‌ها هستند را از هم کم کنید. یک تفریق‌کننده به مسیر داده و یک حالت به ماشین حالت اضافه کنید. توجه داشته باشید در این حالت سیگنال خروجی done نیز باید یک شود.

ه) درستی‌سنجی: در این مرحله با استفاده از تست‌بنچ و وصل کردن واحد حافظه به ماژول، از صحت عملکرد ماژول مطمئن شوید.

نکته: توجه کنید که ماژول حافظه خارج از ساختار طراحی شده قرار داده شود و به هیچ‌وجه واحد حافظه را در مسیره‌ده قرار ندهید (در تست‌بنچ در نظر گرفته شود).

¹ state

سوال ۲: طراحی ماژول 3*3 Determinant Calculator (۶۰ درصد نمره)

در این سوال قصد داریم با استفاده از ماژول استفاده شده در قسمت قبل، دترمینان یک ماتریس ۳ در ۳ را محاسبه کنیم. برای محاسبه دترمینان یک ماتریس ۳ در ۳ به صورت شکل ۲ عمل می کنیم.

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$$
$$\det \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} = a \cdot \det \begin{bmatrix} e & f \\ h & i \end{bmatrix} - b \cdot \det \begin{bmatrix} d & f \\ g & i \end{bmatrix} + c \cdot \det \begin{bmatrix} d & e \\ g & h \end{bmatrix}$$

شکل ۲- رابطه ی محاسبه ی دترمینان ماتریس ۳ در ۳

فرض کنید یک واحد حافظه با طول ۱۶ و عرض ۸ بیت (حافظه ای با ۱۶ خانه که هر خانه ۸ بیتی است) وجود دارد که اطلاعات یک ماتریس به صورت سطری در این حافظه ذخیره شده است.

الف) فرض کنید یک ماژول از قسمت قبل داریم. می خواهیم با اضافه کردن جمع/تفریق کننده، مالتی پلکسر، رجیستر و یک ماشین حالت به عنوان کنترلر، دترمینان یک ماتریس سه در سه را حساب کنیم. بدین منظور ماشین حالت شامل مراحل زیر می شود:

- **مرحله ی IDLE:** مشابه قسمت قبل تمامی رجیسترها و شمارنده ها باید ریست شوند.
- **مرحله ی خواندن داده ها:** مطابق قسمت قبل باید داده ها را از حافظه بخوانید.
- **مرحله ی دادن داده ها برای محاسبه ی دترمینان:** در این قسمت، ماژول قسمت اول انتظار دارد ۴ داده را به ترتیب بخواند. برای این کار شما باید روی آدرسی که این ماژول به شما می دهد عملیاتی انجام دهید (جمع یا تفریق) تا بتوانید ۴ درایه ی ماتریس های ۲ در ۲ را برای محاسبه ی دترمینان ماتریس ۳ در ۳ بدهید. برای این کار، از رجیسترهای بخش قبل که داده ها را ذخیره کرده اند، استفاده کنید و آن ها را به یک مالتی پلکسر ۹ به ۱ وصل کنید. سپس، برای سیگنال select آدرس تغییر داده شده را بدهید.
- **مرحله ی محاسبه حاصل ضرب:** حاصل ضرب داده و دترمینان ماتریس ۲ در ۲ را حساب کنید و نتیجه را در یک رجیستر ذخیره کنید.
- **مرحله جمع و تفریق نهایی:** مراحل بالا را ۳ بار انجام دهید و نتایج را مطابق فرمول جمع و تفریق کنید.

ب) مدار طراحی شده ی خود را به ماژول حافظه ی داده شده متصل کنید. با استفاده از تست بنچ مناسب، عملکرد مدار خود را درستی سنجی کنید.

نکات تحویل:

۱. در صورت وجود مشکل یا ابهام به ایمیل دستیاران آموزشی مراجعه کنید.
۲. گزارش کار به صورت خوانا و یکدست نوشته شود. از مراحل مختلف شبیه سازی و درستی سنجی تصاویر کافی قرار دهید و همچنین محاسبات دستی نیز پیوست شود.
۳. در صورت مشاهده هرگونه شباهت در کدها نمره صفر لحاظ می گردد.

با آرزوی بهترین ها برای شما