



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی کامپیوتر
گزارش کار سوم درس آزمایشگاه معماری

عنوان:

ضرب کننده ممیز ثابت

4-bit Binary Multiplier

نگارش

کیان قاسمی ۴۰۱۱۰۲۲۶۴
آیین پوست فروشان ۴۰۱۱۰۵۷۴۲
دیبا هادی اسفنگره ۴۰۱۱۱۰۲۴۵

استاد

دکتر حمید سربازی آزاد

دستیار آموزشی

مهندس عطیه غیبی فطرت

تیر ۱۴۰۳

فهرست مطالب

۳	۱	مقدمه
۳	۱.۱	قطعات لازم
۳	۲.۱	بلوک دیاگرام و الگوریتم نهایی
۵	۲	شبیه سازی مدار
۵	۱.۲	مرحله اول: طراحی واحد کنترل
۷	۲.۲	مرحله دوم: طراحی مسیر داده
۹	۳.۲	مرحله سوم: آزمایش مدار و بررسی درستی عملکرد آن
۱۱	۳	پیاده سازی فیزیکی مدار در آزمایشگاه
۱۱	۴	چالش ها
۱۱	۵	نتیجه و بحث

فهرست تصاویر

۴	۱	جدول ای اس ام
۵	۲	بلاک دیاگرام (معادل ۳۲ بیتی)
۷	۳	واحد کنترل
۹	۴	تست اول مدار ضرب کننده
۱۰	۵	تست دوم مدار ضرب کننده
۱۰	۶	تست سوم مدار ضرب کننده

۱ مقدمه

ما از الگوریتم شیفت و افزودن استفاده می‌کنیم. ایده اصلی به شرح زیر است:

۱. هر رقم از ضریب را در عدد مضروب ضرب کنید.
۲. هر حاصل ضرب را به سمت چپ بر اساس مقدار رقم مربوطه جابجا کنید.
۳. این مقادیر را با هم جمع کنید.

ضرب اعداد را در هر مرحله به شکل زیر انجام می‌دهیم:

اگر بیت ۱ بود، حاصل ضرب خود عدد شده و اگر بیت ۰ بود حاصل ضرب ۰ می‌شود.

در این مدار ما نیاز به ساخت یک *ControlUnit* برای تعیین سیگنال‌های مورد نیاز و یک *DataPath* داریم.

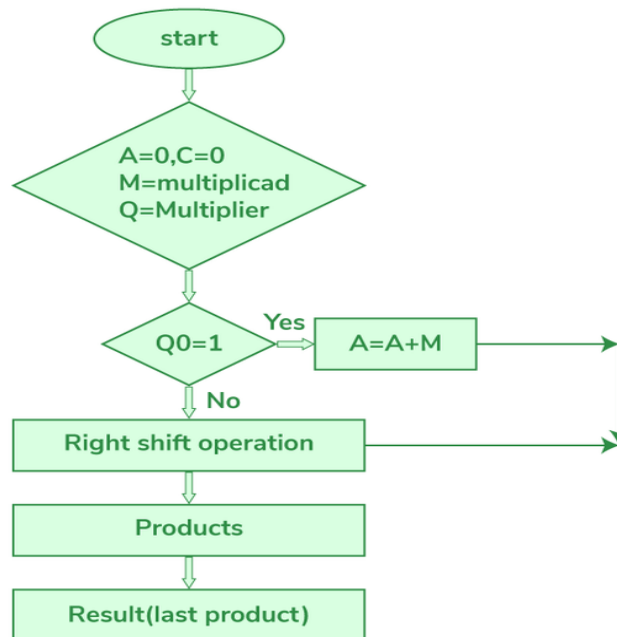
۱.۱ قطعات لازم

۱. شمارنده ۴ بیتی رو به بالا و پایین برای کنترل پایان عملیات مدار پس از ۱۵ چرخه
۲. ۳ گیت اند و ۳ گیت اور (*SOP*)
۳. ثبات ضرب کننده یک ثبات ۸ بیتی راست گرد است که فقط زمانی که سیگنال کنترل جابجایی فعال باشد، به سمت راست جابجا می‌شود.
۴. ثبات مضروب یک ثبات ۴ بیتی چپ گرد است که فقط زمانی که سیگنال کنترل جابجایی فعال باشد، به سمت چپ جابجا می‌شود.
۵. ثبات حاصل ضرب یک ثبات ۸ بیتی معمولی است که مقادیر مضروب جابجاشده را جمع می‌کند، وقتی که مقدار بیت کم ارزش ضرب کننده ۱ باشد. این ثبات فقط مقادیر جمع کننده را ذخیره می‌کند زمانی که سیگنال کنترل نوشتن فعال باشد.
۶. جمع کننده هشت بیتی که یک جمع کننده است که عملوندهای آن ثبات مضروب و ثبات حاصل ضرب هستند و مقدار آن در ثبات حاصل ضرب ذخیره می‌شود.

۲.۱ بلوک دیاگرام و الگوریتم نهایی

در این مدار بخش کنترل یونیت خروجی‌های شیفت و نوشتن و پایان را کنترل می‌کند که به شکل زیر انجام می‌شود:

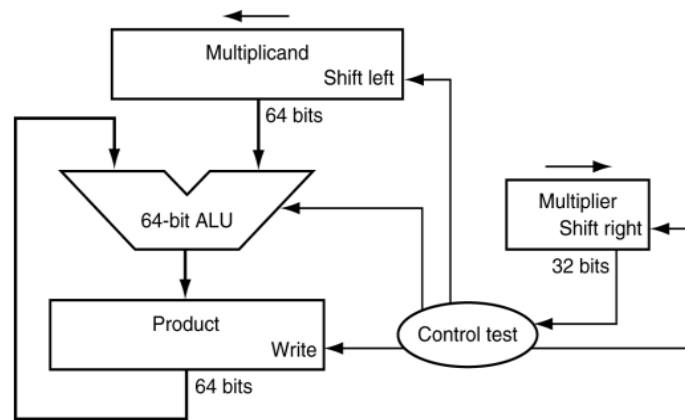
شیفت سیگنال کنترل جابجایی مشخص می‌کند که چه زمانی باید مضروب به سمت چپ و ضریب به سمت راست جابجا شوند تا فرآیند ضرب ادامه یابد. ما باید جابجا کنیم زمانی که فرآیند ضرب هنوز تمام نشده است، به این معنی که شمارنده هنوز به صفر نرسیده است، و همچنین کاربر هنوز می‌خواهد ضرب را تمام کند، یعنی سیگنال شروع برابر با ۱ باشد.



شکل ۱: جدول ای اس ام

نوشتن سیگنال کنترل نوشتن مشخص می کند که چه زمانی باید نتیجه جمع جدید را در ثبات حاصل ضرب خود بنویسیم. این همانند جابجایی است با یک تفاوت: نباید نتایج جدید را در ثبات حاصل ضرب بنویسیم زمانی که بیت کم ارزش ضریب برابر با ۰ باشد زیرا در این صورت، حاصل ضرب بیت کم ارزش ضریب و مضروب نیز برابر با ۰ است و نباید مضروب را به حاصل ضرب اضافه کنیم.

پایان وقتی که شمارنده به صفر می رسد مدار به کار خود خاتمه می دهد.



شکل ۲: بلاک دیاگرام (معادل ۳۲ بیتی)

۲ شبیه سازی مدار

ابتدا با استفاده از نرم افزار *proteus* مدار مورد نظر را طراحی و آزمایش کردیم. در بخش های قبلی با الگوریتم ها برای پیاده سازی مدار آشنا شدیم. حال طراحی مدارهای این ضرب کننده را نشان می دهیم.

۱.۲ مرحله اول: طراحی واحد کنترل

واحد کنترل بخشی حیاتی از مدار دیجیتال است که وظیفه کنترل جریان داده ها و عملیات درون سیستم را بر عهده دارد. این واحد با استفاده از سیگنال های کنترلی مختلف، رفتار اجزای مختلف سیستم را تنظیم می کند تا عملکرد صحیح آن ها تضمین شود.

سیگنال های کنترل

واحد کنترل معمولاً از چندین سیگنال کنترلی استفاده می کند که هر کدام نقش خاصی در عملیات دارند. در اینجا به برخی از این سیگنال ها و وظایف آن ها اشاره می کنیم:

- سیگنال جابجایی (*Shift*): این سیگنال تعیین می کند که چه زمانی مضروب باید به سمت چپ و ضریب باید به سمت راست جابجا شود. این سیگنال زمانی فعال می شود که عملیات ضرب هنوز کامل نشده و شمارنده به صفر نرسیده است و سیگنال شروع همچنان فعال است. فرمول این سیگنال به صورت زیر است:

$$shift := start \wedge (|counter)$$

- سیگنال نوشتن (*Write*): این سیگنال تعیین می کند که چه زمانی نتیجه جمع جدید باید در ثبات حاصل ضرب نوشته شود. تفاوت این سیگنال با سیگنال جابجایی در این است که زمانی که بیت کم ارزش ضریب برابر با ۰ است، نباید نتیجه جدید در ثبات حاصل ضرب نوشته شود. فرمول این سیگنال به صورت زیر است:

$$write := start \wedge multiplier_0 \wedge (|counter)$$

ورودی ها و خروجی ها

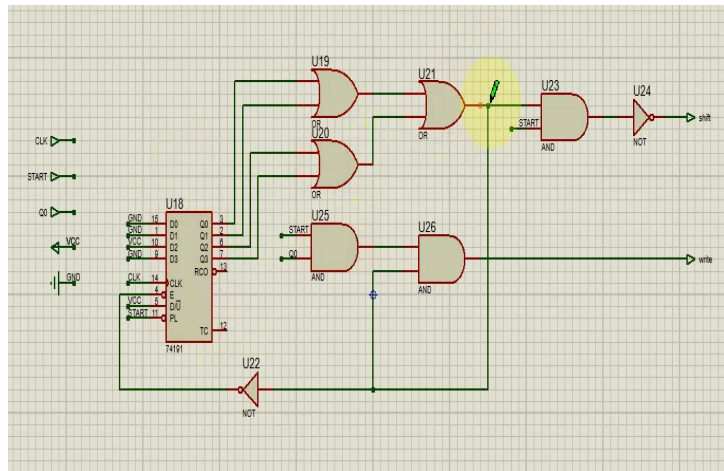
واحد کنترل دارای چندین ورودی و خروجی است که به شرح زیر می باشند:

- ورودی ها:

- سیگنال شروع: این سیگنال آغاز عملیات را نشان می دهد و زمانی که برابر با ۱ باشد، عملیات ضرب شروع می شود.
- شمارنده: این ورودی نشان دهنده وضعیت شمارنده است که تعیین می کند عملیات ضرب چند مرحله دیگر باقی مانده است.
- بیت کم ارزش ضریب: این ورودی نشان می دهد که بیت کم ارزش ضریب در حال حاضر برابر با ۱ یا ۰ است.

- خروجی ها:

- سیگنال جابجایی: این خروجی نشان می دهد که چه زمانی باید جابجایی انجام شود.
- سیگنال نوشتن: این خروجی نشان می دهد که چه زمانی باید نتیجه جمع جدید نوشته شود.



شکل ۳: واحد کنترل

۲.۲ مرحله دوم: طراحی مسیر داده

در این مدار، مسیر داده شامل چندین واحد مختلف است که با هم همکاری می کنند تا عملیات ضرب دو عدد را انجام دهند. این واحدها شامل ثبات های A و B ، واحد جمع کننده ۸ بیتی، واحد کنترل (CU) و گیت های منطقی است. در ادامه به شرح عملکرد هر یک از این واحدها و چگونگی ارتباط آن ها با یکدیگر می پردازیم.

ثبات A

ثبات A یک ثبات ۸ بیتی است که وظیفه نگهداری عدد مضروب را بر عهده دارد. این ثبات می تواند به سمت چپ جابجا شود و ورودی های آن از طریق خطوط داده به واحد جمع کننده متصل شده اند.

ثبات B

ثبات B یک ثبات ۴ بیتی است که وظیفه نگهداری عدد ضریب را بر عهده دارد. این ثبات می تواند به سمت راست جابجا شود و خروجی های آن به ورودی های واحد جمع کننده متصل شده اند.

واحد جمع کننده ۸ بیتی

واحد جمع کننده ۸ بیتی وظیفه جمع کردن مقادیر مضروب و ضریب را بر عهده دارد. ورودی های این واحد از ثبات های A و B تامین می شود و خروجی های آن به ثبات حاصل ضرب ($U8$) متصل شده اند.

گیت‌های منطقی

در این مدار، از گیت‌های منطقی *AND* برای ترکیب سیگنال‌ها استفاده شده است. به عنوان مثال، گیت *ANDU9* برای تولید سیگنال پایان (*FINISH*) استفاده شده که نشان می‌دهد عملیات ضرب به پایان رسیده است.

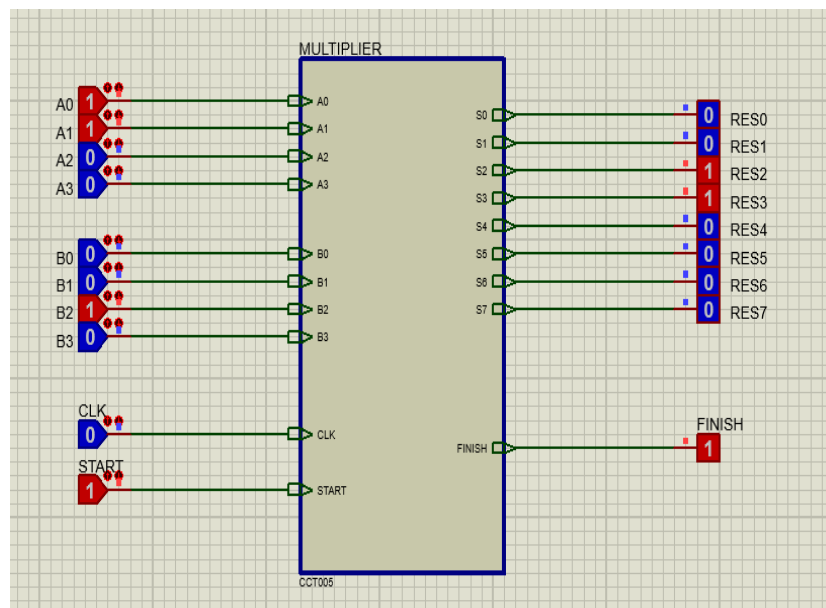
مسیر داده

مسیر داده در این مدار به این صورت است که ابتدا مقادیر *A* و *B* در ثبات‌های مربوطه ذخیره می‌شوند. سپس با توجه به سیگنال‌های جابجایی و نوشتن که توسط واحد کنترل تولید می‌شوند، مقادیر ثبات‌ها به سمت چپ و راست جابجا می‌شوند. در هر مرحله، مقادیر جدید به واحد جمع‌کننده ارسال شده و نتیجه جمع در ثبات حاصل ضرب (*U8*) ذخیره می‌شود. این فرآیند تا زمانی که سیگنال پایان فعال شود، ادامه می‌یابد.

۳.۲ مرحله سوم: آزمایش مدار و بررسی درستی عملکرد آن

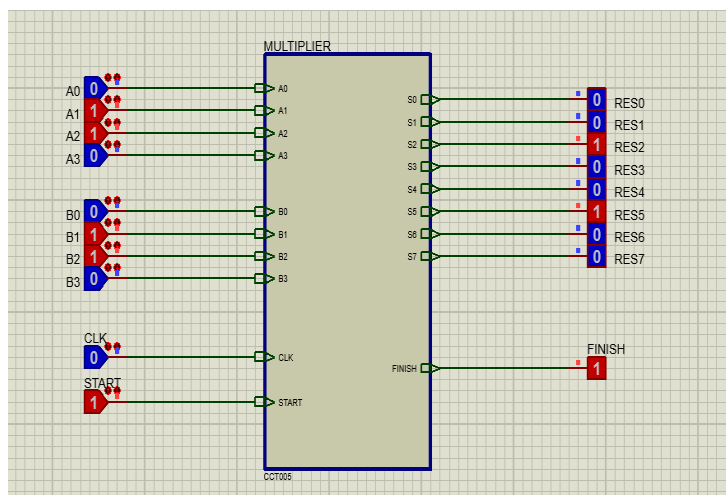
در این قسمت حالت های مختلف ورودی را به مدار دادیم و خروجی آن را بررسی کردیم، نتیجه سه تست را نیز در این قسمت آورده ایم:

تست اول) در این تست اعداد ۳ و ۴ را در هم ضرب کردیم که به درستی حاصل ضرب ۱۲ بدست آمد.



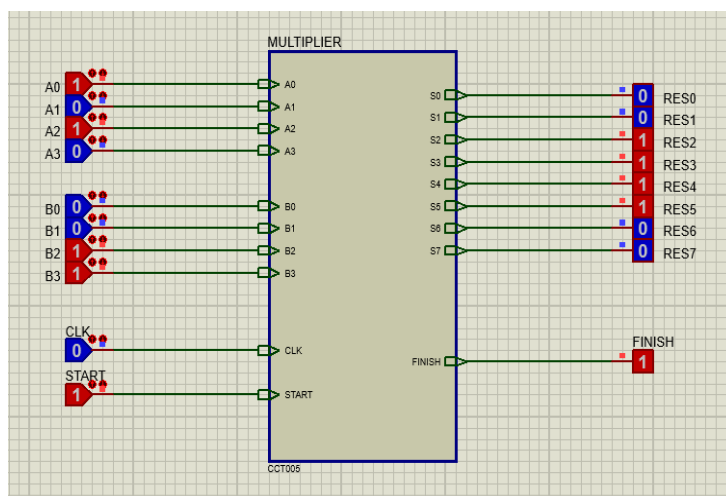
شکل ۴: تست اول مدار ضرب کننده

تست دوم) $5 * 5 = 25$



شکل ۵: تست دوم مدار ضرب کننده

تست سوم) $12 * 5 = 60$



شکل ۶: تست سوم مدار ضرب کننده

۳ پیاده سازی فیزیکی مدار در آزمایشگاه

این آزمایش به صورت مجازی برگزار شد و پیاده سازی فیزیکی تا زمان ارائه گزارش آزمایش انجام نشده است.

۴ چالش ها

در طراحی این مدار در پروتئوس چالش های کوچکی در هنگام استفاده از شیفت رجیسترها داشتیم که با بازنگری به دیتاشیت مشکل حل شد و در کل چالش های طراحی مسیر داده و واحد کنترل حل شد.

۵ نتیجه و بحث

در این آزمایش برای ساخت مدار به شکل تمیز و اصولی واحد کنترل و مسیر داده را از یکدیگر جدا کردیم و توانستیم با خروجی دادن سیگنال هایی از واحد کنترل و استفاده از آن ها در مسیر داده کارایی مدار را به درستی بسازیم. در مدارهای نسبتاً پیچیده استفاده از معماری واحد کنترل و مسیر داده به ما کمک می کند. به خصوص در پیاده سازی یک ای اس ام چارت.