



به نام خدا

طراحی کامپیوتری سیستم‌های دیجیتال - پاییز ۱۴۰۳



پروژه شماره یک: طراحی ضرب کننده تقریبی

طراحان:

محمد فراهانی : farahani.mohammad@ut.ac.ir

حسین طاعتی : hosseintaati89@ut.ac.ir

هدف پروژه

در این تمرین به دنبال مرور و تسلط بر مفاهیم و مبانی طراحی مدارات دیجیتال (RTL design) هستیم تا دانشجویان آمادگی لازم برای تمرینات بعدی را کسب کنند.

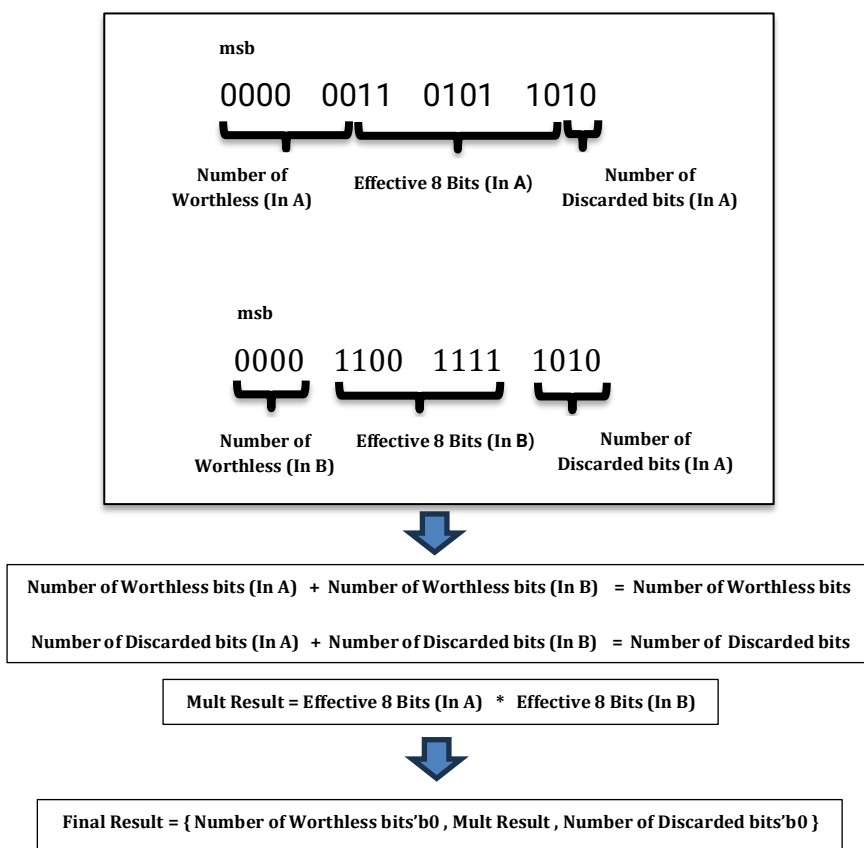
آشنایی با محاسبات تقریبی

محاسبات تقریبی به منظور افزایش سرعت پردازش و کاهش مصرف انرژی در سیستم‌هایی با منابع محدود مانند دستگاه‌های تعبیه شده نهفته و اینترنت اشیا استفاده می‌شود. این روش با کاهش دقت در برخی مراحل محاسباتی، بهبود عملکرد و بهره‌وری انرژی را ممکن می‌سازد. پیاده‌سازی سخت‌افزاری محاسبات تقریبی از طریق طراحی مدارهایی مانند جمع‌کننده‌ها و ضرب‌کننده‌های تقریبی انجام می‌شود که نسبت به همتایان دقیق خود، پیچیدگی و توان مصرفی کمتری دارند. این رویکرد با وارد کردن خطای محدود و کنترل شده، در بسیاری از کاربردها نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد. در ادامه به آشنایی با یکی از روش‌های ساده محاسبات تقریبی در ضرب می‌پردازیم.

ضرب تقریبی با جداسازی بیت‌های موثر

در این روش، دو ورودی ۱۶ بیتی دریافت می‌کنیم. ابتدا برای اولین ورودی، از سمت بیت‌های باارزش (MSB) شروع کرده و به محض مشاهده اولین بیت ۱، هشت بیت باارزش را از همان نقطه جدا می‌کنیم و باقی بیت‌ها را نادیده می‌گیریم. این فرآیند را برای ورودی دوم نیز تکرار می‌کنیم. سپس این دو عدد ۸ بیتی را به یک ضرب‌کننده 8×8 می‌دهیم و یک حاصل‌ضرب ۱۶ بیتی دریافت می‌کنیم.

برای تبدیل این حاصل‌ضرب به یک عدد ۳۲ بیتی، ابتدا تعداد صفرهایی که تا رسیدن به اولین بیت ۱ در هر دو عدد شمرده‌ایم را محاسبه می‌کنیم (Number of Worthless bits). به همان تعداد صفرها را به سمت چپ ۱۶ بیت اضافه می‌کنیم. سپس، به اندازه تعداد بیت‌های نادیده‌گرفته شده (Number of Discarded bits) بعد از جداسازی ۸ بیت موثر، صفرهایی را در سمت راست این حاصل‌ضرب قرار می‌دهیم. به این ترتیب، با روش تقریبی یک عدد ۳۲ بیتی را تولید می‌کنیم که ضرب دو عدد ۱۶ بیتی را با کاهش دقت شبیه‌سازی می‌کند. در ادامه با یک مثال مسئله توضیح داده شده است.



نکات طراحی مدار

- **اجرای ضرب:**
مداری طراحی کنید که ابتدا دو ورودی را از حافظه بخواند، ضرب به روش بالا را انجام دهد و نتیجه را در حافظه خروجی بنویسد سپس دو ورودی دیگر بگیرد و همین روند را تکرار میکند ، این عملیات به اندازه ۸ بار انجام می دهیم.
- **استفاده از یک ضرب کننده ۸×۸:**
از هر نوع ضرب کننده ۸*۸ میتوان استفاده نمود ولی پیشنهاد میشود ضرب کننده قابل سنتز باشد.
- **حافظه ورودی:**
یک RAM برای ذخیره و خواندن ورودی‌ها نیاز است. اگر ۸ جفت ورودی ۱۶ بیتی داشته باشیم، حجم این حافظه باید ۱۶ سطر ۱۶ بیتی باشد تا بتواند تمامی ورودی‌ها را ذخیره کند. این حافظه در ابتدا میبایست داده های خود را از یک فایل متن (.txt) که ۱۶ عدد داده در آن قرار دارد بخواند و سپس خواندن از آن حافظه را شروع کنیم . در ضمن خواندن از این حافظه باید همزمان با لبه بالا رونده کلاک صورت بگیرد .
- **حافظه خروجی:**
یک RAM دیگر برای ذخیره نتایج خروجی نیاز است. این حافظه باید به اندازه ۸ سطر ۳۲ بیتی برای نوشتن نتایج ضرب باشد. نتایج این ۸ عمل ضرب توسط حافظه خروجی در یک فایل متن به صورت هگز باید نوشته شود. نوشتن در این حافظه نیز باید با لبه بالارونده کلاک انجام شود.
- **کنترل شروع و پایان عملیات:**
یک سیگنال ورودی تک‌بیتی به نام Start تعریف کنید که با تغییر وضعیت از ۰ به ۱ و سپس از ۱ به ۰، عملیات مدار آغاز شود. همچنین، یک سیگنال Done نیز تعریف کنید که پس از انجام عملیات روی آخرین داده، به مدت یک کلاک فعال (۱) شود تا پایان فرآیند را مشخص کند.
- **طراحی به روش هافمن:**
کل مدار باید به صورت Datapath ، Controller و Top Module پیاده‌سازی شود.

لازم است موارد زیر جهت تحویل تمرین و ارائه‌ی گزارش رعایت شوند

- انجام این تمرین به صورت گروه‌های دقیقاً دوفره خواهد بود.
- این پروژه در دو فاز باید انجام شود :
 ۱. در فاز اول controller و datapath را روی کاغذ طراحی کرده و در موعد تعیین شده برای فاز اول داخل سایت بارگذاری کنید.
 ۲. در فاز دوم controller و datapath طراحی شده در فاز اول را با زبان ویلاگ مدل سازی کنید و در برنامه Modelsim شبیه سازی کنید و در موعد تعیین شده برای فاز دوم در داخل سایت بارگذاری کنید.
- برای فاز دوم تمرین لازم است فایل های HDL و Testbench خود را حتما مطابق فرمت توضیح داده شده در trunk/doc در subdirectory های trunk بارگذاری کنید. همچنین اطمینان حاصل کنید که با اجرای trunk/sim/sim_top.tcl تست بنچ شما اجرا می شود . برای اجرای این اسکریپت می توانید از دستور زیر در Modelsim استفاده کنید:


```
>>do<sim_file>
```
- فایل ها و گزارش خود را تا قبل از موعد تحویل هر فاز، با نام CAD_HW1_P1_<SID>.zip و CAD_HW1_P2_<SID>.zip (SID شماره دانشجویی است) به ترتیب در محل های مربوطه برای فاز اول و دوم در صفحه درس آپلود کنید. (از هر گروه فقط یک نفر تمرین را آپلود کند).
- هدف این تمرین یارگیری شماست! در صورت کشف تقلب ، مطابق با قوانین درس برخورد خواهد شد.