



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی کامپیوتر
تمرین‌های درس معماری کامپیوتر

تمرین سری پنجم - موعد: ۱۴۰۰/۹/۳۰

طراحی واحد محاسبات و منطق، ساختار خط لوله

دستیار آموزشی:
مهدی علیپور

استاد:
دکتر امیرحسین جهانگیر

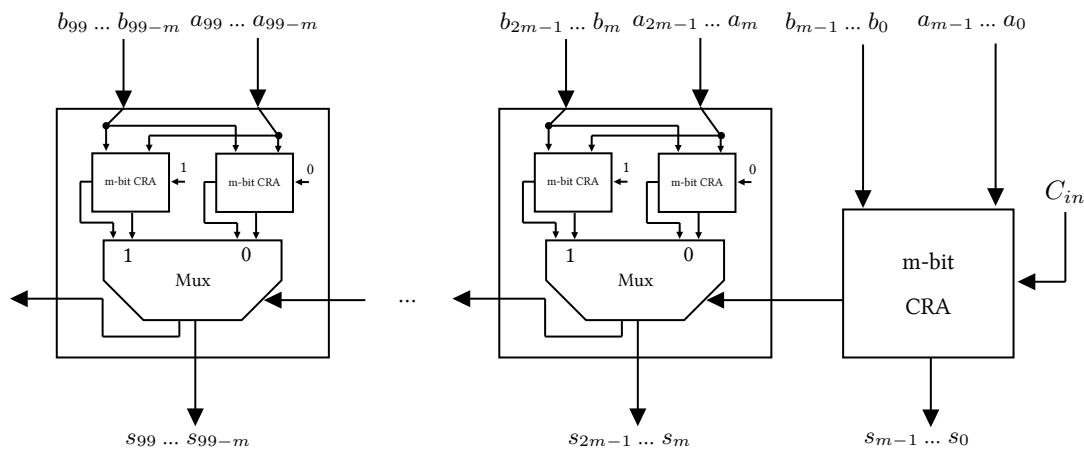
نیمسال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۰

۱ طراحی واحد ALU

۱. می‌خواهیم برای پردازنده‌ای یک واحد ALU طراحی کنیم که عملیات زیر را ترجیحاً با حداقل سخت‌افزار انجام دهد. (۷ نمره)
 * اعداد A و B سه بیتی هستند.

نوع عملیات	خطوط کنترل
$2A$	000
$2A + 1$	001
$2B$	010
$2B + 1$	011
$A + B$	100
$A + B + 1$	101
$A - B - 1$	110
$A - B$	111

۲. برای جمع دو عدد ۱۰۰ بیتی، یک ALU طراحی کردیم که به روش زیر محاسبات را انجام می‌دهد. ابتدا این ایده را توضیح داده و سپس بفرمایید اگر بخواهیم تاخیر واحد ALU کمینه شود، مقدار m باید چند باشد؟ (۴ نمره)
 * منظور از CRA ^۱ همان جمع‌کننده با بیت نقلی موج گونه است.



۳. یک جمع‌کننده ۳۲ بیتی متشکل از ۳۲ عدد تمام‌افزا^۲ به صورت موج‌گونه را از نظر معماری و زمان تولید مقادیر خروجی C_{31} و C_{32} نسبت به یک جمع‌کننده ساخته شده از ۴ بیتی و در صورت نیاز یک یا دو لایه CLG های سه بیتی، مقایسه کنید. (۱۵ نمره)
 * تاخیر گیت‌های پایه را برابر 1Δ در نظر بگیرید.

۴. در واحد ALU چگونه می‌توان مقادیر ثبات‌های پرچم: Carry, Zero, Overflow, Sign را برای عمل جمع و تفریق مشخص کرد؟ (۲ نمره)

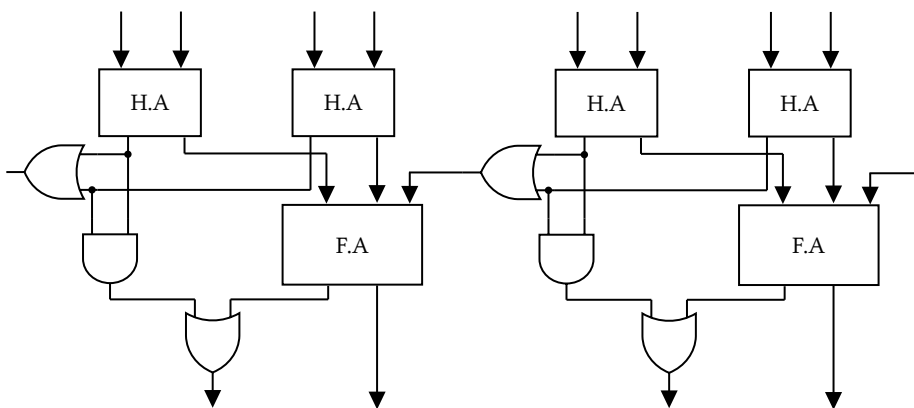
^۱Carry Ripple Adder

^۲Full Adder

۵. فرض کنید می‌خواهیم در واحد ALU عملیات ده‌دهی انجام دهیم که هم از BCD و هم از $Ex3$ پشتیبانی کند. واحد مورد نظر را طراحی نمایید. (۱۱ نمره)
- * نمره‌دهی این سوال براساس کمترین تاخیر خواهد بود.

نوع عملیات	حالت	خطوط کنترل
$A + B$	BCD	00
$A - B$	BCD	01
$A + B$	Ex3	10
$A - B$	Ex3	11

۶. اگر در طراحی ALU برای محاسبات خاصی از سلول‌های زیر استفاده شده باشد، با دوبرابر کردن این سلول‌ها تاخیر کل چه تغییری می‌کند؟ (۳ نمره)



۲ ساختار خط لوله یا Pipeline

۱. یک ساختار خط لوله با m طبقه یا مرحله^۱ را در نظر بگیرید:

(آ) نشان دهید در این ساختار حداکثر تسریع برابر m خواهد بود. (۱ نمره)

(ب) اگر حداکثر تسریع به تعداد طبقات خط لوله باشد، پس چرا جهت بدست آوردن تسریع بیشتر، تعداد این طبقات را به دلخواه زیاد نکنیم؟ چهار دلیل بیاورید. (۲ نمره)

(ج) اگر تعداد طبقات را ۸ فرض کنیم، برای پردازش 10^6 ورودی، حداقل به چند پالس ساعت نیاز داریم؟ (۱ نمره)

(د) فرض کنید بین طبقات خط لوله، دو یا سه طبقه خالی (بی‌کار) قرار دهیم با این ایده که مثلاً تعداد طبقات را افزایش دادیم! به نظر شما آیا امکان دارد چنین کاری موجب افزایش سرعت شود؟ اگر پاسخ مثبت است، بفرمایید در چه صورت؟ (۲ نمره)

¹Stage

۲. در یک ساختار خط لوله ۴ طبقه‌ای که زمان هر طبقه آن T است، هر طبقه را به m بخش مساوی تقسیم کردیم. اما شکستن هر طبقه به m بخش کوچکتر، زمان سربار $1 \times T \times m \times 0.04$ را به همراه دارد. برای رسیدن به بیشترین افزایش سرعت، تعداد طبقات چقدر باید باشد؟ (۵ نمره)

۳. افزایش کارایی خط لوله با افزایش تعداد دستورات: (۲ نمره)

(آ) کم می‌شود. (ج) تغییر نمی‌کند چون به تعداد دستورات بستگی ندارد.

(ب) زیاد می‌شود. (د) تغییر نمی‌کند چون مراحل خط لوله مشخص نیست.

۴. در یک پردازنده خط لوله با ۵ مرحله، اگر تاخیر هر مرحله به ترتیب دو، یک، دو، چهار و سه نانو ثانیه باشد. بیشترین تسریعی که از این ساختار می‌توان گرفت چقدر است؟ (۵ نمره)

۵. در پردازنده‌ای با ساختار خط لوله، دستورات در هشت مرحله اجرا می‌شوند. چنانچه دستوری از نوع پرش^۲ باشد به دستورات بعدی اجازه ورود به خط لوله داده نمی‌شود تا اینکه اجرای دستور پرش به پایان برسد. برنامه‌ای در حال اجراست که ۱۰۰ دستور دارد و بعد از هر ۱۹ دستور معمولی، یک دستور پرش در آن ظاهر می‌شود. اگر تأخیر هر مرحله و ثبات‌های مربوط به آن جمعاً ۱۰ نانو ثانیه باشد، اجرای این برنامه چقدر طول می‌کشد؟ (۶ نمره)

۶. برنامه‌ای بر روی پردازنده‌ای که دارای خط لوله ۸ مرحله‌ای است، اجرا می‌شود. ۱۰ درصد دستورات این برنامه از نوع پرش شرطی و ۶ درصد دیگر از نوع پرش غیرشرطی هستند. در دستورات پرش شرطی به احتمال ۸/۱۰ پرش انجام می‌شود و تغییر PC در مرحله ششم صورت می‌گیرد که در این صورت، تمام دستورات وارد شده به خط لوله تخلیه^۳ می‌گردد. مشخص کنید میزان افزایش سرعت این پردازنده نسبت به حالت بدون خط لوله چقدر است. (۱۰ نمره)

۷. برنامه‌ای شامل ۵ گروه دستور، بر روی یک پردازنده اجرا می‌شود. مراحل اجرای دستورات برای هر یک از گروه‌های مورد اشاره به همراه درصد هر گروه و زمان اجرای هر مرحله، در جدول زیر مشخص شده است. بفرمایید حداکثر تسریع این پردازنده در صورت استفاده از ساختار خط لوله چقدر است؟ (۱۰ نمره)

گروه دستورات	IF	ID	Ex	EA	MA	WB	درصد استفاده
۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۱۰٪
۲	✓	✓	✓			✓	۳۵٪
۳	✓	✓		✓	✓		۲۰٪
۴	✓	✓	✓				۳۰٪
۵	✓	✓					۵٪
زمان اجرا	8ns	2ns	4ns	5ns	10ns	2ns	

¹Overhead

²Jump

³Flush

توضیحات

- ✓ دانشجویان گرامی مباحث مرتبط با این دو حوزه بسیار متنوع و وسیع هستند. اما در این مقطع، تا همین مقدار کفایت می‌کند. البته اگر آقای دکتر در ادامه کلاس مجدد به این مباحث بازگشتند (مثل انجام عملیات ضرب، ممیز شناور و . . .)، ما باز هم تمرین مرتبط با آن خواهیم داشت.
- ✓ همانطور که در تمرین سری قبل عرض کردم، علاوه بر امتیازاتی که از قبل داشتیم، نمره‌ی اضافه برای اولین دانشجوی صدتایی در نظر گرفتیم.
- ✓ طبق روال، باز هم تاکید می‌کنم از حل کردن گروهی تمرین‌ها یا در اختیار قرار دادن پاسخ‌ها به دیگران جداً خودداری فرمایید.
- ✓ سیاست‌ها، نحوه تصحیح و نمره‌دهی این تمرین دقیقاً مطابق با سیاست‌های ذکر شده در «تمرین صفر» خواهد بود.
- ✓ شما می‌توانید سوالات و ابهامات احتمالی را از طریق ایمیل مطرح بفرمایید^۱.
- ✓ موفق باشید

¹Jahangir@Sharif.edu Mehdi.Alipour.v2@gmail.com