



به موارد زیر توجه کنید:

- ۱- حتما نام و شماره دانشجویی خود را روی پاسخ نامه بنویسید.
- ۲- کل پاسخ تمرینات را در قالب یک فایل pdf با شماره دانشجویی خود نام گذاری کرده در سامانه CW بارگذاری کنید.
- ۳- این تمرین ۶۰ نمره دارد که معادل ۰,۶ نمره از نمره کلی درس است.
- ۴- در صورت مشاهده هر گونه مشابهت نامتعارف هر دو (یا چند) نفر **کل نمره** این تمرین را از دست خواهند داد.

۱- (۲۰ نمره) پردازنده‌ای داریم که بدون استفاده از خط لوله با نرخ ساعت ۲/۵ گیگاهرتز، هر دستور را به طور متوسط در ۵ چرخه اجرا می‌کند. همین پردازنده به یک پردازنده خط لوله با پنج مرحله ارتقا یافته است، اما به دلیل تأخیر داخلی خط لوله، نرخ ساعت به ۲ گیگاهرتز کاهش یافته است.

الف- فرض کنید هیچ وابستگی بین دستورات وجود ندارد. تسریع حاصل از خط لوله چقدر است؟  
 ب- فرض کنید درصد دستوراتی که وابستگی داده دارند طبق جدول زیر است. این جدول شامل دستوراتی است که نتیجه‌ای که در یک مرحله از خط لوله تولید می‌شود در یک دستور پس از آن، یا در دو دستور پس از آن و یا در هر دو دستور پس از آن مورد نیاز خواهند بود. اگر هیچ سازوکاری برای هدایت به جلو (forwarding) نداشته باشیم، تسریع حاصل از خط لوله چقدر خواهد بود؟

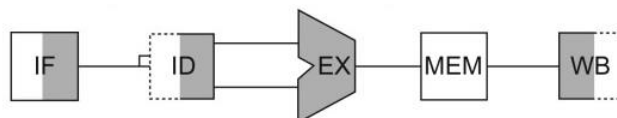
EX to 1 <sup>st</sup> Only	MEM to 1 <sup>st</sup> only	Ex to 2 <sup>nd</sup> Only	MEM to 2 <sup>nd</sup> Only	EX to 1 <sup>st</sup> and EX to 2 <sup>nd</sup>
5%	20%	10%	10%	5%

ج- اگر سازوکار هدایت به جلو به طور کامل استفاده شود (یعنی داده‌ها را در صورت امکان به صورت زود هنگام در اختیار بگیریم) به سوال بند ب دوباره پاسخ دهید.

د- اگر ۱۰٪ از دستورات، دستورات پرش باشند و سخت افزار لازم برای محاسبه شرط و مقصد پرش در مرحله دوم خط لوله وجود داشته باشد، با فرضیات بند ج و بدون پیش بینی انجام شدن یا نشدن پرش، تسریع حاصل از خط لوله چقدر خواهد بود؟  
 ه- این بار خط لوله را طوری می‌سازیم که همه پرش‌ها را انجام نشده فرض کند. می‌دانیم که فقط ۲۰٪ از پرش‌ها انجام نمی‌شوند. در این صورت تسریع حاصل از خط لوله چقدر خواهد بود؟

۲- (۱۰ نمره) یک پردازنده غیر خط لوله‌ای را در نظر بگیرید که با ساعت ۴ گیگاهرتز کار می‌کند. این پردازنده به ازای هر عملیات ALU یا Branch چهار چرخه و به ازای هر عملیات حافظه ۱۰ چرخه استفاده می‌کند. فرض کنید که فراوانی این دستورات به ترتیب ۴۰٪، ۳۰٪ و ۳۰٪ باشد. فرض کنید اضافه کردن خط لوله ۰/۲ نانوثانیه سربار به چرخه ساعت اضافه می‌کند. با صرف نظر کردن از هرگونه تأخیر، تسریع حاصل از اضافه کردن خط لوله را محاسبه کنید.

۳- (۱۵ نمره) یک پیاده سازی خط لوله‌ای از MIPS ISA را در نظر بگیرید. این ماشین یک ALU داشته و شامل یک خط لوله ۵ مرحله‌ای به شکل زیر است.



با فرض اینکه دستورات اسمبلی زیر به ترتیب وارد خط لوله می‌شوند، روند اجرای این دستورات را در جدول مشخص کنید. مراحل خط لوله را با حروف F/D/X/M/W مشخص کنید و اگر دستوری در هیچ مرحله‌ای از خط لوله نیست، آن خانه را خالی بگذارید.

همچنین اگر بین مراحل به دلیل data hazard فاصله می‌افتد، آن خانه(ها) را با  $d^*$  مشخص کنید. همچنین در تمام قسمت‌های زیر فرض کنید که فایل ثبت در نیمه اول clock نوشته شده و در نیمه دوم clock خوانده می‌شود.

الف- اجرای دستورات را در حالتی که هیچ forwarding (bypassing) ای وجود نداشته باشد نشان دهید.

ب- اجرای دستورات را در حالتی که full forwarding وجود داشته باشد نشان دهید.

ج- اجرای دستورات را در حالتی نشان دهید که فقط EX to EX forwarding داریم.

instructions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
add \$3,\$1,\$5															
sub \$2,\$1,\$5															
lw \$5,0(\$3)															
addi \$4,\$5,1															
add \$5,\$4,\$1															

۴- (۱۵ نمره) می‌خواهیم برنامه زیر را در یک پردازنده با یک خط لوله ۵ مرحله‌ای (مشابه با بند ب سوال قبل) اجرا کنیم. فرض کنید مقدار اولیه  $R4$  برابر با ۱۰۰ است.

```

I1: lw    R1,0(R2)           ; R1 ← Memory[R2]
I2: addi  R1,R1,1            ; R1 ← R1+1
I3: sw    R1,0(R2)           ; Memory[R2] ← R1
I4: addi  R2,R2,8            ; R2 ← R2+8
I5: addi  R4,R4,-1           ; R4 ← R4-1
I6: bne   R4,R0,I1           ; branch if R4!=0

```

الف- در این خط لوله مدارهایی داریم که بتوانند شرط و مقصد پرش را در فاز دوم محاسبه کنند، به این شرط که مقادیر ثبت‌های مورد مقایسه آماده باشند. ترتیب دستورات را طوری تغییر دهید که این شرط برای دستور bne صدق کند.

ب- اگر پردازنده از روش delayed branch استفاده کند، دوباره ترتیب دستورات را طوری تغییر دهید که دستور مناسب در delayed slot قرار بگیرد.

ج- با توجه به همه تغییراتی که در بندهای پیش داده‌اید، با رسم جدولی مشابه با جدول سوال قبل برای یک دور اجرای حلقه، حساب کنید کل برنامه در چند چرخه اجرا می‌شود؟