



## معماری کامپیوتر

نام و نام خانوادگی:

نیم سال اول ۱۴۰۲-۰۳

شماره دانشجویی:

## کوییز چهار - ۴ دی ۱۴۰۲

در یک پردازنده مبتنی بر خط لوله ۵ مرحله‌ای (IF, ID, EX, MEM و WB)، زمان لازم برای اجرای هر مرحله به ترتیب ۲۰۰، ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۹۰ و ۱۰۰ پیکوثانیه است.

الف- فرض کنید در همه برنامه‌هایی که روی این پردازنده اجرا می‌شوند، اولاً دستورات پرش به درستی پیش‌بینی می‌شوند و ثانیاً حافظه داده و دستور یکی است و اولویت با دسترسی به حافظه داده است. در این صورت چه نوعی از مخاطره (hazard) رخ نخواهد داد؟ چه نوعی از مخاطره حتماً رخ خواهد داد؟ چه نوعی از مخاطره ممکن است در شرایط خاصی رخ دهد؟

مخاطره کنترلی رخ نخواهد داد، مخاطره ساختاری رخ خواهد داد و مخاطره داده ممکن است در شرایطی رخ دهد.

ب- زمان اجرای قطعه برنامه زیر را بر حسب تعداد چرخه ساعت و نیز بر حسب نانو ثانیه محاسبه کنید. برای پاسخ به این سوال با رسم جدول دقیقاً مشخص کنید در هر چرخه ساعت هر دستور در کدام مرحله از خط لوله قرار دارد.

```
sw r16,12(r6).
```

```
lw r16,8(r6).
```

```
beq r5,r4,Label # Assume r5!=r4.
```

```
add r5,r1,r4.
```

```
slt r5,r15,r4.
```

طبق جدول، اجرای این دستورات ۱۱ چرخه طول می‌کشد که با توجه به زمان هر چرخه (۲۰۰ پیکوثانیه)، معادل ۲،۲ نانو ثانیه است.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
sw	IF	ID	EX	M	WB							
lw		IF	ID	EX	M	WB						
beq			IF	ID	EX	M	WB					
add				-	-	IF	ID	EX	M	WB		
slt							IF	ID	EX	M	WB	

ج- فرض کنید با اعمال تغییراتی در فرمت دستورات lw و sw، دو مرحله MEM و EX را با هم ترکیب کنیم. بیشتر عملیات این دو مرحله را می‌توان به صورت موازی انجام داد، بنابراین می‌توان فرض کرد زمان اجرای این مرحله از خط لوله برابر خواهد شد با ماگزیمم زمان اجرای هر یک از این دو مرحله به علاوه ۲۰ پیکوثانیه برای انجام کارهایی که حتماً باید به صورت غیرموازی انجام شود. در چنین شرایطی و با در نظر گرفتن شرایط بند الف، مجدداً به سوال بند ب پاسخ دهید.

طبق جدول، اجرای این دستورات ۱۰ چرخه طول می‌کشد که با توجه به زمان هر چرخه (۲۱۰ پیکوثانیه)، معادل ۲،۱ نانو ثانیه است.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
sw	IF	ID	EM	WB								
lw		IF	ID	EM	WB							
beq			-	-	IF	ID	EM	WB				
add						IF	ID	EM	WB			
slt							IF	ID	EM	WB		

اگر خط آخر جدول را به این شکل کشیده بودند، نمره را بگیرند.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
add						IF	ID	EM	WB			
slt							-	-	IF	ID	EM	WB

د- این بار فرض کنید در همان پردازنده با خط لوله ۵ مرحله‌ای حافظه داده و دستور از هم جدا است و امکان پیش‌بینی دستورات پرش وجود ندارد و شرط پرش در مرحله EX محاسبه می‌شود. یک بار دیگر به سوال بند ب پاسخ دهید.

طبق جدول، اجرای این دستورات ۱۱ چرخه طول می‌کشد که با توجه به زمان هر چرخه (۲۰۰ پیکوثانیه) معادل ۲,۲ نانوثانیه است.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
sw	IF	ID	EX	M	WB							
lw		IF	ID	EX	M	WB						
beq			IF	ID	EX	M	WB					
add						IF	ID	EX	M	WB		
slt							IF	ID	EX	M	WB	

ه- بدون درنظر گرفتن تعلیق‌های ناشی از انواع مخاطرات، تسریع حاصل از به‌کارگیری یک خط لوله ۵ مرحله‌ای در مقایسه با مسیر داده بدون خط لوله برای اجرای N دستور متوالی از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ وقتی  $N \rightarrow \infty$  تسریع چند می‌شود؟

اگر دستورات بدون خط لوله اجرا شوند، هر کدام به اندازه مجموع مراحل طول می‌کشند (۷۲۰ پیکوثانیه) و اگر با خط لوله اجرا شوند، دستور اول ۱۰۰۰ پیکوثانیه و بقیه هر کدام ۲۰۰ نانوثانیه طول می‌کشند.

$$speedup = \frac{720N}{1000 + 200N}$$

اگر  $N \rightarrow \infty$ ، تسریع ۳,۶ خواهد بود.

در این بند و بند بعدی، اگر فرمول کلی تسریع را نوشته بودند، نمره را بگیرند.

و- فرض کنید ۲۰٪ دستورات یک برنامه از نوع دستورات پرش هستند و امکان پیش‌بینی دستورات پرش وجود ندارد اما شرط پرش در فاز ID محاسبه می‌شود. در این صورت به سوال بند ه دوباره پاسخ دهید.

در این صورت زمان اجرای با خط لوله بیشتر طول خواهد کشید:

$$speedup = \frac{720N}{1000 + 200N \times 1.2} = \frac{720N}{1000 + 240N}$$

اگر  $N \rightarrow \infty$ ، تسریع ۳ خواهد بود.