



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 ۱۰۰ نمره دارد که معادل یک 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) به سوالات زیر پاسخ دهید. در هر بند فرض کنید اگر برای اجرای بخشی از برنامه از  $i$  پردازنده استفاده شود، سرعت اجرای آن بخش  $i$  برابر می شود.

الف- فرض کنید  $x$  کسری از یک برنامه است که فقط به صورت سریال قابل اجرا است. بقیه برنامه را می توان روی هر تعداد پردازنده، به صورت موازی اجرا کرد. اگر بخواهید با داشتن  $p$  پردازنده، به تسریع  $S$  برسید، بیشینه  $x$  چقدر است؟ بیشینه  $x$  را به ازای  $p = 10$  و  $s = 8$  به دست آورید.

ب- حال فرض کنید  $F(i, p)$  کسری از یک برنامه است که با داشتن  $p$  پردازنده می تواند روی  $i$  پردازنده اجرا شود. بنابراین:

$$\sum_{i=1}^p F(i, p) = 1$$

با استفاده از قانون آمدال، تسریع حاصل از به کارگیری  $p$  پردازنده برای اجرای برنامه را به دست آورید.

ج- اجرای یک برنامه روی یک پردازنده  $T$  ثانیه زمان می برد. اگر بدانیم بخش های مختلف برنامه طبق جدول زیر قابلیت اجرا روی چند پردازنده را دارند، تسریع حاصل از اجرای این برنامه را زمانی که ۸ پردازنده داریم حساب کنید.

Fraction of T	20%	20%	10%	5%	15%	20%	10%
processors (p)	1	2	4	6	8	16	128

۲- (۲۰ نمره) فرض کنید برنامه ای قرار است روی یک کامپیوتر چندپردازنده با ساختار NUMA (Nonuniform Memory Access) اجرا شود. در این ساختار، هر پردازنده یک حافظه محلی دارد ولی می تواند در صورت لزوم به حافظه سایر پردازنده ها هم دسترسی داشته باشد. طبعا دسترسی به حافظه محلی بسیار سریع تر از دسترسی به حافظه های دور (حافظه های سایر پردازنده ها) خواهد بود. فرض کنید در یک کامپیوتر ۳۲ پردازنده ای، ارجاع به حافظه محلی در ۱۰ و ارجاع به حافظه راه دور در ۱۰۰ نانوثانیه انجام می شود. نرخ ساعت این پردازنده ۴ گیگاهرتز است و CPI پایه (زمانی که همه ارجاع ها در حافظه نهان محلی قرار دارند) برابر با ۰/۵ است. می دانیم ۲/۰٪ از دستورات نیاز به ارجاع به حافظه دور دارند و نرخ برخورد در حافظه نهان محلی ۹۰٪ است. در این صورت CPI متوسط چقدر خواهد بود؟

۳- (۲۰ نمره) ابتدا یک مدار رسم کنید که یک عدد چهار بیتی را با یک جمع کند. سپس مدار دیگری رسم کنید که یک عدد چهار بیتی را منهای یک کند. در نهایت این دو مدار را با هم طوری ترکیب کنید و مداری رسم کنید که یک ورودی کنترلی  $x$  دارد که اگر صفر باشد، عدد چهار بیتی ورودی با یک جمع می شود و اگر یک باشد، عدد چهار بیتی ورودی منهای یک می شود. هر سه مدار را با حداقل تعداد گیت های پایه بسازید.

۴- (۲۰ نمره) در یک پردازنده که با سرعت ۱/۱ گیگاهرتز اجرا می‌شود، متوسط CPI بدون دسترسی به حافظه ۱/۳۵ است. دسترسی به حافظه داده فقط توسط دستورات load (۲۰٪ از تمام دستورات) و store (۱۰٪ از تمام دستورات) انجام می‌شود. سیستم حافظه این کامپیوتر از دو حافظه نهان L1 جداگانه برای داده و دستور تشکیل شده است که زمان دسترسی آن یک نانوثانیه است. ظرفیت هر دو حافظه I-cache و D-cache ۳۲ کیلوبایت است و هر دو به صورت مستقیم نگاشت شده‌اند. نرخ فقدان در I-cache ۲٪ و بلوک‌های آن ۳۲ بایتی و سازوکار نوشتن آن write-back است. نرخ فقدان در D-cache ۵٪ و بلوک‌های آن ۱۶ بایتی است و سازوکار نوشتن آن write-through است. در D-cache یک بافر برای نوشتن وجود دارد که در ۹۵٪ موارد تأخیر نوشتن را حذف می‌کند. حافظه نهان L2 یکپارچه است، ظرفیت آن ۵۱۲ کیلوبایت و دارای بلوک‌های ۶۴ بایتی و زمان دسترسی ۱۵ نانوثانیه است. این حافظه نهان L2 از طریق یک گذرگاه داده ۱۲۸ بیتی به حافظه نهان L1 متصل شده است که با سرعت ۲۶۶ مگاهرتز کار می‌کند و می‌تواند یک کلمه ۱۲۸ بیتی را در هر چرخه انتقال دهد. نرخ برخورد (hit rate) برای ارجاعات به حافظه نهان L2 ۸۰٪ است. همچنین بیت dirty در ۵۰٪ از بلوک‌های جایگزین شده یک است. تأخیر دسترسی به حافظه اصلی ۶۰ نانوثانیه است و پس از آن هر تعداد کلمه ۱۲۸ بیتی می‌تواند با نرخ یک کلمه در هر چرخه از گذرگاه حافظه اصلی با نرخ ۱۳۳ مگاهرتز به حافظه L2 منتقل شود.

الف- زمان متوسط دسترسی به دستورات چقدر است؟

ب- زمان متوسط خواندن داده‌ها چقدر است؟

ج- زمان متوسط نوشتن داده‌ها چقدر است؟

د- دسترسی به حافظه به طور متوسط چند چرخه طول می‌کشد؟

۵- (۲۰ نمره) فرض کنید درصد رخداد انواع پرش‌ها در برنامه‌هایی که روی یک پردازنده اجرا می‌شوند، طبق جدول زیر است:

پرش‌های غیرشرطی و فراخوانی زیرروال	۱٪
پرش‌های شرطی	۱۵٪
پرش‌های شرطی انجام‌شده	۶۰٪

الف- خط لوله این پردازنده چهار مرحله دارد. محاسبه مقصد پرش در مرحله دوم و محاسبه شرط پرش در مرحله سوم انجام می‌شود، بنابراین پرش‌های شرطی در پایان مرحله دوم و پرش‌های غیرشرطی در پایان مرحله سوم کامل می‌شوند. اگر فرض کنید به طور خودکار و پیش از پردازش دستورات پرش، دستور بلافاصله بعدی وارد خط لوله می‌شود، متوسط CPI را حساب کنید.

ب- این بار فرض کنید خط لوله پردازنده ۱۵ مرحله دارد و پرش‌های غیرشرطی در پایان مرحله پنجم و پرش‌های شرطی در پایان مرحله دهم کامل می‌شود. متوسط CPI با این فرض جدید چقدر است؟ با مقایسه پاسخ‌های دو بند الف و ب به چه نتیجه‌ای می‌رسید؟

ج- فرض کنید خط لوله این پردازنده این محدودیت را دارد که پس از وارد شدن یک دستور پرش در آن (چه شرطی و چه غیرشرطی)، فقط مرحله اول خط لوله برای اجرای دستور بعدی آزاد می‌شود. با این فرض، یک بار دیگر به سوالات بندهای الف و ب پاسخ دهید.