

# هم طراحی سخت افزار نرم افزار

جلسه هجدهم: سنتز توأم-زمان بندی

ارائه دهنده: آتنا عبدی

a\_abdi@kntu.ac.ir

# مباحث این جلسه



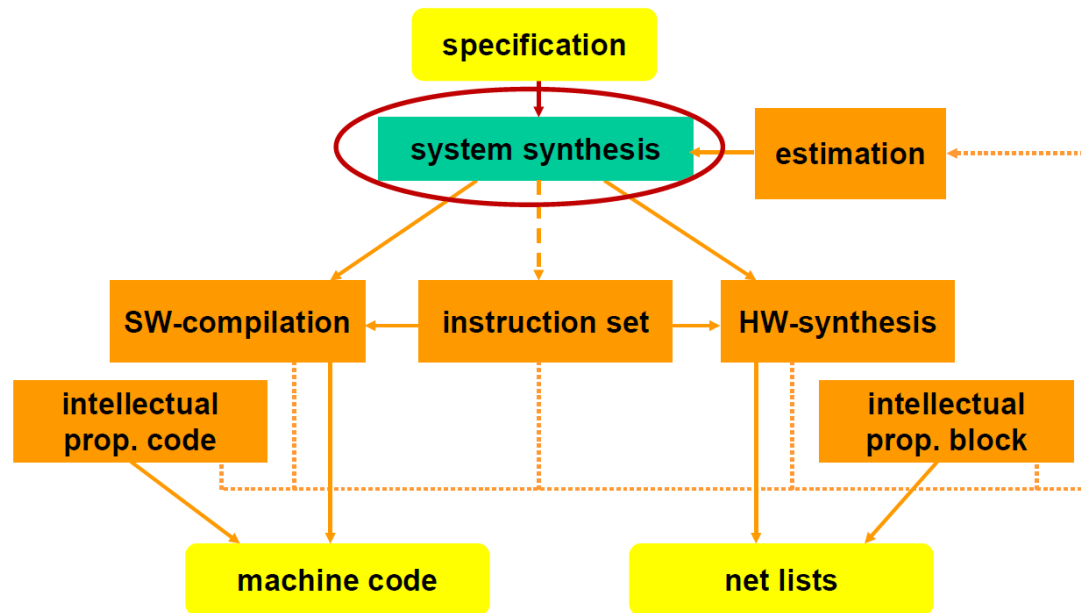
- سنتز توام در روال هم طراحی سخت افزار و نرم افزار

- بخش بندی (Partitioning)

- روش های قطعی (ILP)

- زمان بندی (Scheduling)

- رویکردهای زمان بندی



# بکارگیری مدل برنامه‌ریزی خطی صحیح در مسئله افراز



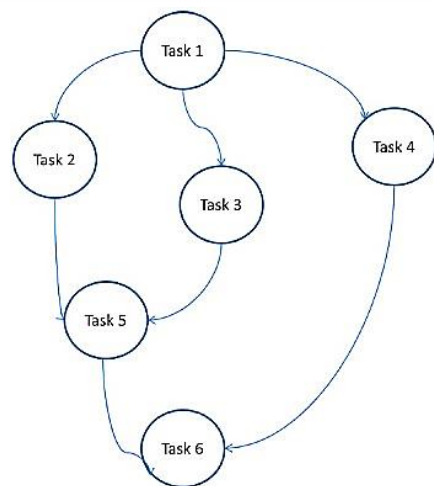
- ▶ Binary variables  $x_{i,k}$ 
  - $x_{i,k} = 1$ : object  $o_i$  in block  $p_k$
  - $x_{i,k} = 0$ : object  $o_i$  not in block  $p_k$
- ▶ Cost  $c_{i,k}$ , if object  $o_i$  is in block  $p_k$
- ▶ Integer linear program:

$$\text{minimize } \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n x_{i,k} \cdot c_{i,k} \quad 1 \leq k \leq m, 1 \leq i \leq n$$

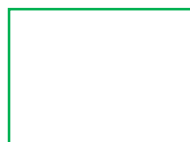
Objective Function

$$\text{S.t. } \begin{cases} x_{i,k} \in \{0,1\} & 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m \\ \sum_{k=1}^m x_{i,k} = 1 & 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

# مثال: کمینه کردن زمان اجرا با در نظر داشتن ارتباطات



ASIC



CPU



- بخش‌بندی وظایف

- کمینه کردن زمان اجرا
- رعایت محدودیت هزینه

- مرحله ۱: تعریف متغیر تصمیم

- مرحله ۲: تعریف تابع هدف براساس مسئله و متغیر تصمیم

- مرحله ۳: تعریف محدودیت‌ها براساس مسئله و متغیر تصمیم

# مثال (ادامه)



• روال حل:

• مرحله ۱: تعریف متغیر تصمیم

•  $X_{ik}$ : تخصیص وظیفه  $i$  ام به المان پردازشی  $k$  ام (در اینجا  $k=1$  پردازنده و  $k=2$  مربوط به ASIC)

• مرحله ۲: تعریف تابع هدف براساس مسئله و متغیر تصمیم

• 
$$\text{Min } \sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^2 X_{ik} \cdot E_{ik}$$

## مثال (ادامه)



• روال حل:

• مرحله ۳: تعریف محدودیت‌ها براساس مسئله و متغیر تصمیم

$$X_{ik} \in \{0,1\}$$

$$\sum_{k=1}^2 X_{ik} = 1$$

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^2 X_{ik} \cdot C_{ik} \leq Cost_{th}$$

# مثال: کمینه کردن زمان اجرا و محدودیت تعادل بارکاری



- مدل ILP بخش بندی

- تعریف متغیرهای مورد نیاز

- $X_{ik}$ : تخصیص وظیفه  $i$  به پردازنده  $j$  و  $E_{ik}$ : زمان اجرای وظیفه  $i$  بر پردازنده  $j$

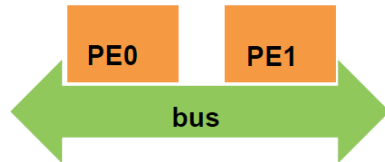
- تعریف تابع هدف

$$\text{Min } \sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^2 X_{ik} \cdot E_{ik}$$

- تعریف محدودیت ها

- محدودیت های پیش فرض مسئله افراز

$$\sum_{i=1}^4 X_{i1} = \sum_{i=1}^4 X_{i2}$$



exe. time	t0	t1	t2	t3
PE0	5	15	10	30
PE1	10	20	10	10

# بکارگیری مدل برنامه‌ریزی خطی صحیح در مسئله افراز



- برحسب نوع مسئله امکان اضافه شدن محدودیت وجود دارد
- هنر اصلی در این روش، تعریف دقیق و درست روابط محدودیت‌هاست
- این مسئله در دسته مسائل NP-complete قرار دارد
- با افزایش سائز مسئله، زمان اجرا به صورت نمایی رشد می‌کند
- حل دستی در مسائل معمول امکان‌پذیر نیست و توسط ابزارهای solver حل صورت می‌گیرد





# روش قطعی سنتز توأم در سیستم توزیع شده

- مثال: سنتز توأم در سیستم‌های توزیع شده (روش Prakash and Parker)
- ورودی‌های مسئله: گراف وظایف و مدل تکنولوژی المان‌های پردازشی، اتصالات و زمان‌های اجرا
- معماری: سیستم توزیع شده
- هدف: تخصیص وظایف گراف به المان‌های پردازشی بنحوی که:
- هزینه پیاده‌سازی سیستم کمینه شود (اتصالات و المان‌های پردازشی)
- رعایت محدودیت‌های سیستم
- از لحاظ زمان اجرا و کارایی و تخصیص وظایف به اجزای پردازشی و اتصالات

# سنتز توأم Prakash and Parker



- اولین گام تعریف متغیرهای مسئله است:
- متغیرهای مربوط به گراف وظایف، متغیرهای مربوط به معماری
- تابع هدف: کمینه کردن هزینه المان‌های پردازشی و اتصالات
- سپس می‌بایست محدودیت‌ها تعریف شوند مانند:
- محدودیت‌های زمانی: پروسه‌ها، ارتباطات
- محدودیت‌های تخصیص: اختصاص یک پردازنده به هر پروسه، رعایت شرط تقدم و تاخر، عدم ازدحام

# سنتز توأم Prakash and Parker



- قطعی بودن این الگوریتم و استخراج بهترین جواب
- فضای جواب بسیار بزرگ و حل فقط توسط ابزار
- قابل حل بودن مسئله برای سایز کوچک و محدود بودن قدرت حل ابزارها
- حداکثر اندازه گراف وظایف با ۹ گره
- ایجاد دید مناسب و قابلیت مقایسه با روش‌های مکاشفه‌ای
- تخمین موثر بودن روش‌های مکاشفه‌ای ( $\epsilon$ -suboptimal)

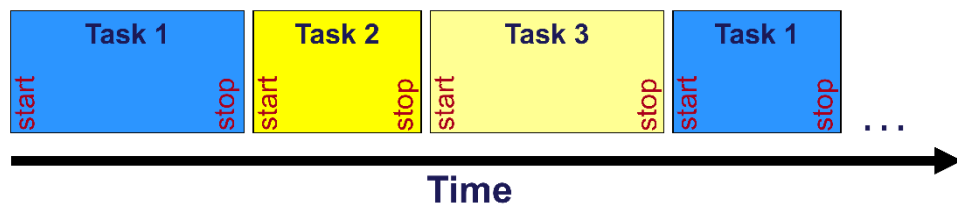


# زمان بندی (Scheduling)

# فرایند زمان‌بندی



- یکی از فرایندهایی که در حین سنتز توأم انجام می‌گیرد
- مشخص کردن ترتیب زمانی اجرای عملیات بر اجزای پردازشی و منابع سیستم
- در مرحله نگاشت و پس از افراز انجام می‌گیرد
- رعایت محدودیت‌های زمان اجرا و عملکردی سیستم در صورت وجود
- رعایت تقدم و تاخر اجرای وظایف براساس وابستگی‌های داده‌ای



# فرایند زمان‌بندی (ادامه)

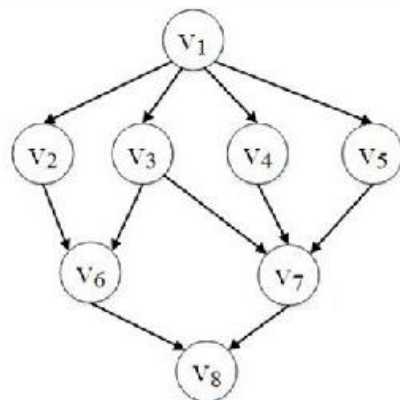


- در حین زمان‌بندی لازم است اطلاعات منابع موجود و پردازش‌ها را بدانیم
- تاخیر اجرای هر پروسه بر منابع پردازشی
- تخصیص پروسه‌ها و وظایف به منابع پردازشی مشخص است
- مشخص کردن ترتیب اجرا با هدف رعایت محدودیت زمان اجرا
- زمان‌بندی با دو رویکرد
  - ایستا و پویا

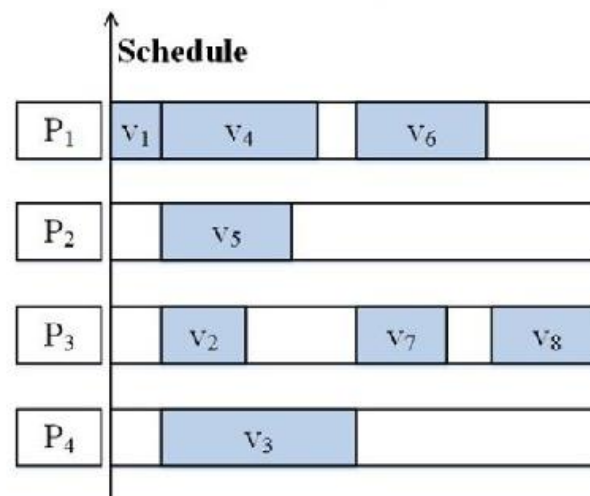
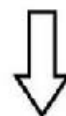
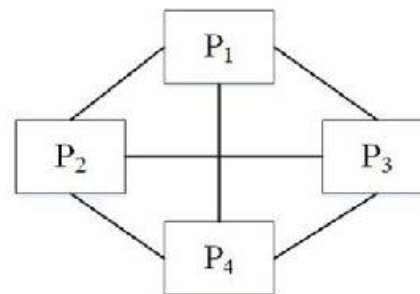
# فرایند زمان‌بندی (ادامه)



Application



Architecture



# زمان‌بندی ایستا



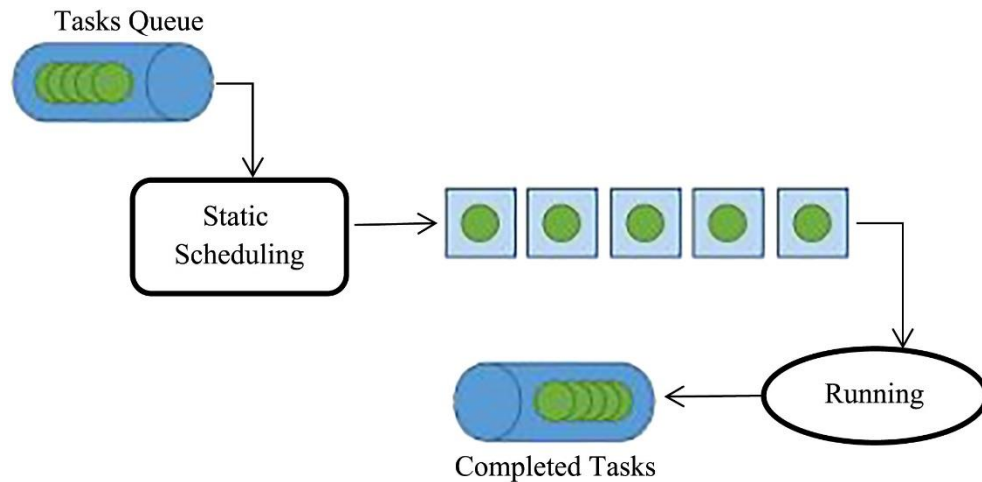
- در زمان طراحی، اطلاعات زمانی و ترتیب اجرا در دسترس است
- سیستم‌های با رفتار مشخص و قطعی
- زمان اجرای هر عملیات مشخص و ثابت است
- ترتیب اجرای عملیات براساس زمان‌های ثابت با هدف بهترین کارایی مشخص می‌شود
- زمان‌بندی مشخص شده در حین اجرا تغییرپذیر نیست
- تخمین بدترین زمان اجرا (Worst Case Execution Time)



# زمان‌بندی ایستا (ادامه)



- در برخی از کاربردها اطلاعات زمانی و اجرا در زمان طراحی دقیق و کامل نیست
- مشخص نبودن ترتیب اجرا براساس رخدادها
- تاثیر ورودی‌های مختلف و ترتیب آن‌ها بر نتیجه اجرای دستورات
- دستورات شرطی



- در چنین مواردی زمان‌بندی ایستا کافی نیست
- روش‌های زمان‌بندی پویا

# زمان‌بندی پویا



- مجموعه پروسه‌های آماده اجرا نگهداری می‌شوند
- در حین اجرا در هر لحظه براساس ویژگی‌های مختلف یک پروسه انتخاب می‌شود
- انتخاب پروسه آماده اجرا بعدی براساس اطلاعات سیستم و پروسه فعلی
- سربار زمانی زیاد به دلیل انجام عملیات و تصمیم‌گیری در حین اجرا
- مناسب در کاربردهایی که رفتار پروسه‌ها نامشخص است و نرخ ورود به سیستم نامشخص است
- اشکال سربار زمانی اعمال شونده به سیستم

# مباحثی که این جلسه آموختیم

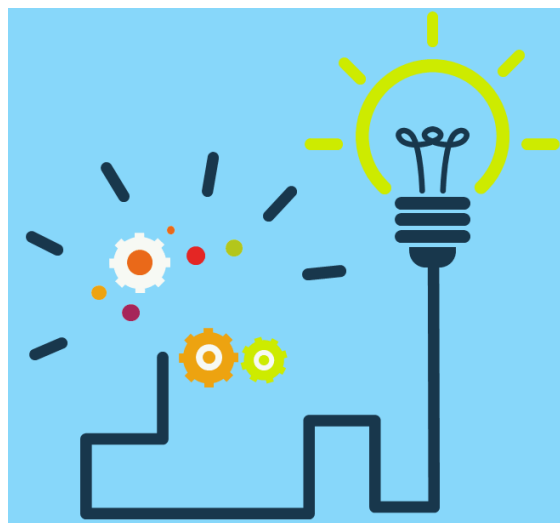


- فرایند سنتز توأم

- بخش‌بندی

- روش‌های قطعی و تکنیک ILP

- زمان‌بندی



# مباحث جلسه آینده



- فرایند سنتز توأم
- زمان بندی
- آشنایی با الگوریتم‌ها

