

# هم طراحی سخت افزار نرم افزار

جلسه سیزدهم: الگوریتم های سنتز توأم-Co-Synthesis

ارائه دهنده: آتنا عبدی

a\_abdi@kntu.ac.ir

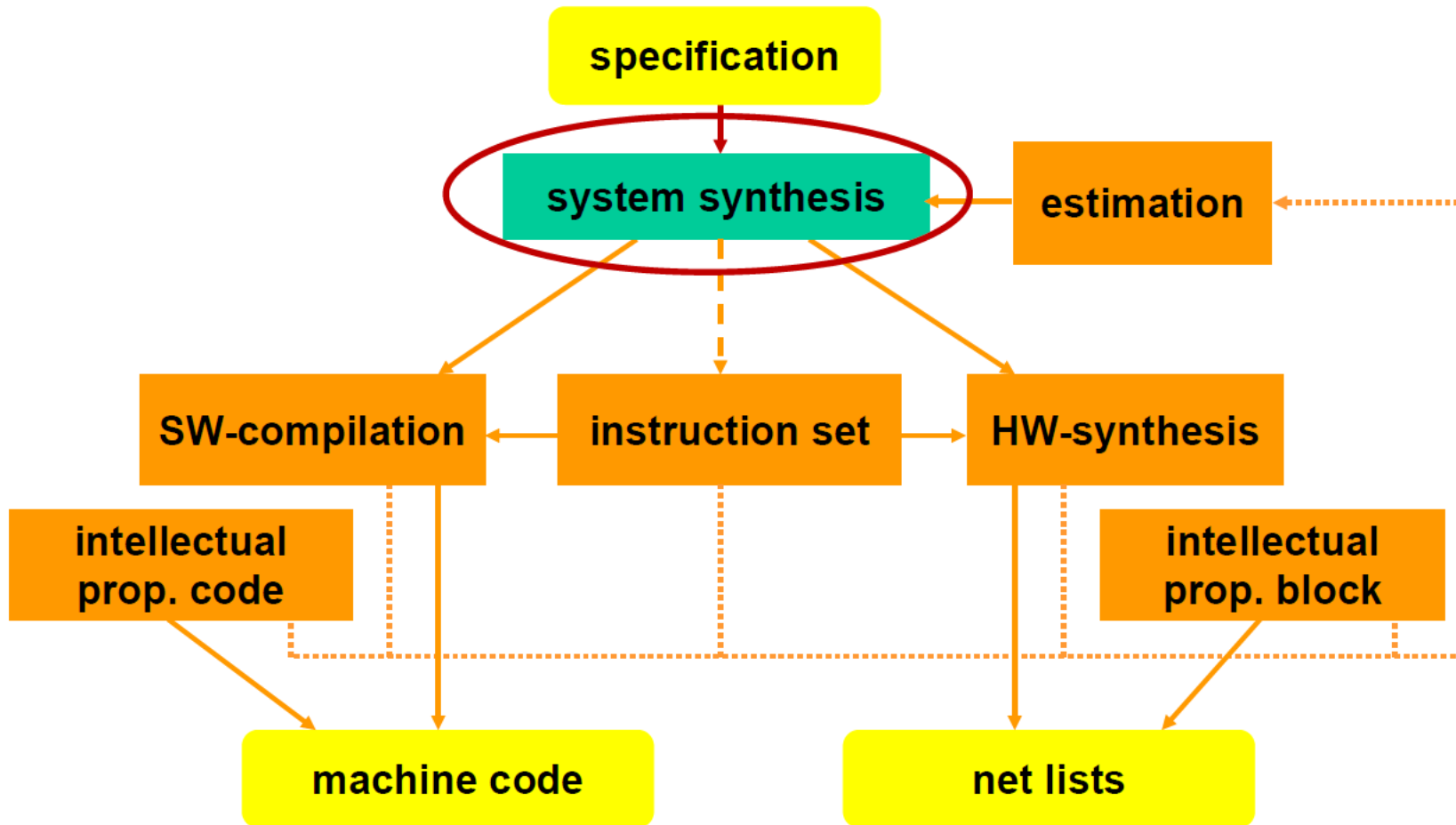
# مباحث این جلسه



- سنتز توام در روال هم‌طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار
  - مقدمات و مفاهیم اولیه
  - فرایند نگاشت و بخش‌بندی (Partitioning)



# فرایند هم طراحی



# مقدمه‌ای بر فرایند سنتز توأم



- به معنای طراحی توأم نرم‌افزاری و بستر سخت‌افزاری یک کاربرد است
- در نتیجه این مرحله
- ایجاد بستر سخت‌افزاری متشکل از تعدادی المان پردازشی که کارکرد سیستم را پیاده‌سازی می‌کنند
- ایجاد معماری نرم‌افزاری (application) به‌منظور توزیع کارکرد بر بستر سخت‌افزاری
- اتصالات متشکل از ارتباط بین اجزای سخت‌افزاری و primitive‌های نرم‌افزاری
- شکل‌گیری مصالحه بین بستر سخت‌افزاری و معماری نرم‌افزاری حاصل از این مرحله

# فرایند سنتز توأم



- در طی این فرایند، معماری سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم مشخص می‌شود
- معماری سخت‌افزاری: مجموعه‌ای از اجزای پردازشی که نرم‌افزاری روی آن اجرا می‌شود
- معماری نرم‌افزاری: ساختار پردازشی کد (Process Structure)
- هر پروسه به صورت ترتیبی اجرا می‌شود
- پس تعداد پروسه‌ها میزان موازی‌سازی ممکن و ارتباطات لازم در طراحی سیستم نرم‌افزاری را نشان می‌دهد
- استخراج تعداد پروسه مناسب از توابع، هزینه را مدیریت می‌کند

# اجزای پردازشی بستر سخت‌افزاری



## • CPU:

- پیاده‌سازی و اعمال نرم‌افزار به آن ساده‌تر است
- به دلیل عام بودن، رعایت محدودیت‌های سیستم مانند مساحت و توان مصرفی را دشوار می‌کند

## • ASIC:

- سادگی رعایت الزامات عملکردی سیستم مانند توان مصرفی و کارایی به دلیل خاص‌منظوره بودن
- جایگزینی با تغییر کاربرد

- عموماً معماری‌های ترکیبی (ناهمگن) بهترین حالت است

# اجزای پردازشی بستر سخت‌افزاری



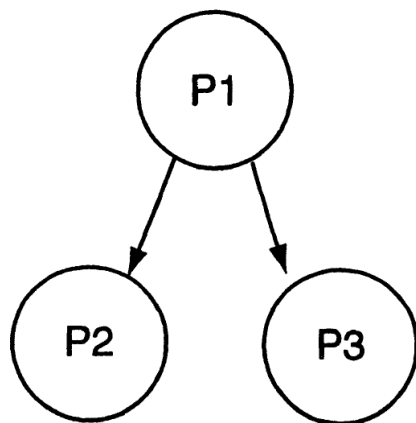
- معماری‌های ترکیبی

- از لحاظ برقراری مبادله بین کارایی و هزینه بهینه هستند
- استفاده از معماری‌های چندپردازنده‌ای با وجود سربار ارتباطات، هزینه کمتر و کارایی بهتری دارد
- از لحاظ سربار زمان‌بندی اجرا مناسب‌تر هستند
- نرخ گزردهی (utility) کمتر در حالت تک‌پردازنده‌ای
- از لحاظ توان مصرفی مناسب‌تر هستند

# توصیف برنامه کاربردی

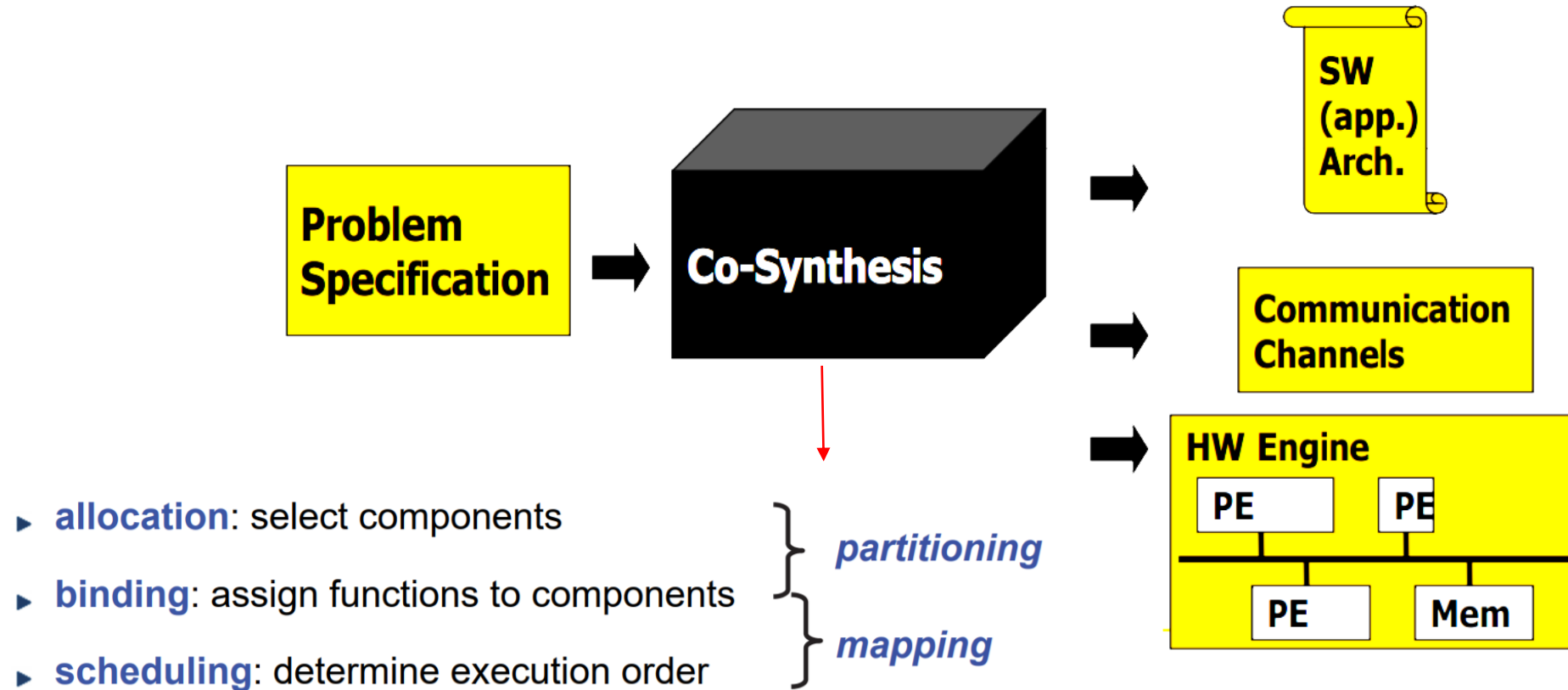


- توصیف برنامه کاربردی در قالب گراف وظایف یا گراف جریان داده و کنترل
- شباهت گراف وظایف به گراف جریان داده
- تفاوت در تعریف واحدهای پردازشی که عام‌تر است
- همان پروسه‌های مدنظر در طراحی
- اتصالات، وابستگی داده‌ای بین واحدهای عملیاتی را نشان می‌دهد





# روال طراحی توأم سخت‌افزار و نرم‌افزار



# فرایند سنتز توأم



- در سه مرحله اصلی انجام می شود:
- تخصیص (Allocation):
- مشخص کردن اجزای پردازشی که محاسبات روی آنها اجرا می شوند
- بخش بندی و نگاشت (Partitioning-Mapping):
- تقسیم بندی کارکردهای سیستم به واحدهای محاسباتی
- انتخاب اجزای مناسب برای واحدهای تخصیص داده شده
- زمان بندی (Scheduling):
- مشخص کردن زمان اجرای محاسبات

# فرایند بخش‌بندی در سنتز توأم



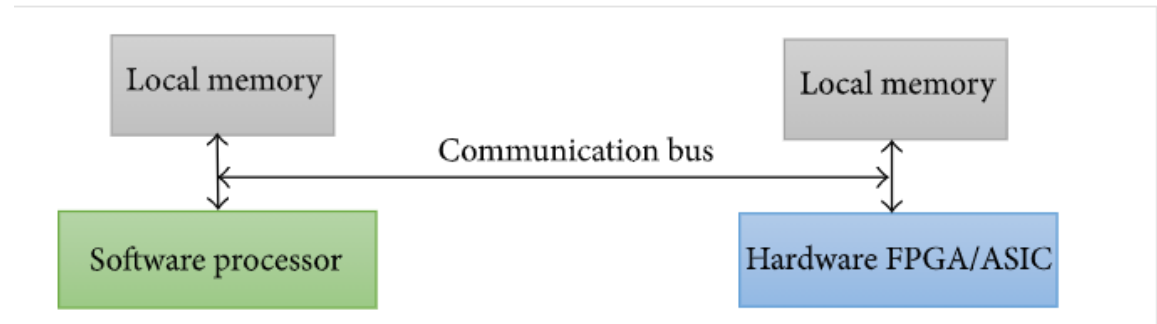
- مهم‌ترین گام در مرحله سنتز توأم است:
- بیشترین تاثیر را بر برقراری مصالحه بین کارایی و هزینه سیستم طراحی شده دارد
- در طی بخش‌بندی مشخص می‌شود که:
- چه بخش‌هایی از مدل بهتر است روی سخت‌افزار و چه بخش‌هایی روی نرم‌افزار پیاده‌سازی شوند
- معیار: رسیدن به کارایی مدنظر و تحقق تمام محدودیت‌های مشخص شده سیستم
- محدودیت‌ها: توان مصرفی، هزینه و....
- هزینه براساس حجم ASIC موردنیاز در سیستم تخمین زده می‌شود

# فرایند بخش‌بندی در سنتز توأم (ادامه)



- انجام فرایند بخش‌بندی
- به صورت دستی توسط طراح که با بهبودهای دوره‌ای همراه است
- به صورت اتوماتیک توسط ابزارهای کمک-طراحی (CAD)
- در هر دو حالت، لازم است مشخصات و محدودیت‌های هر دو بخش رعایت شوند

	Cost	Speed	Power
Software	✓	✗	✗
Hardware	✗	✓	✓



# روش‌های بخش‌بندی



- روال کلی بخش‌بندی:
- لازم است الزامات کارکردی به پروسه‌ها تبدیل شوند
- زمان اجرای تقریبی هر الزام کارکردی روی هر عنصر پردازشی سیستم تقریب زده شود
- یک پروسه به تمامی عناصر پردازشی سیستم تخصیص داده شود
- انجام بخش‌بندی براساس جستجوی فضای طراحی (Design Space Exploration)
- بررسی و تحلیل حالات مختلف در طراحی و انتخاب بهترین جواب که تمامی الزامات را رعایت می‌کند
- روش‌هایی برای محدود کردن فضای جستجو وجود دارد مانند طراحی Platform-based



# روش‌های بخش‌بندی-جستجوی فضای طراحی

- رویکردی است که بهترین شیوه پیکربندی سیستم با هدف تحقق اهداف را پیدا می‌کند
- جستجوی کامل فضا که بسیار زمان‌گیر و پرهزینه است (Exhaustive Search)
- روش‌های قطعی (Exact Methods)
  - مبتنی بر مدلسازی ریاضی مسئله و حل آن
  - مناسب برای فضای طراحی کوچک و محدود
- روش‌های ابتکاری که فضای طراحی را محدود کرده و جستجو را ساده‌تر می‌کنند (Heuristic Methods)
- روش‌های فرامکاشفه‌ای (Meta heuristic) مانند الگوریتم‌های تکاملی

# روش‌های بخش‌بندی (ادامه)



- داده‌های مسئله:

- نمایش پروسه‌ها و اتصالات مابین آن‌ها با گراف وظایف (Task Graph)
- نمایش ساختار معماری سیستم در قالب اجزای پردازشی و اتصالات

- هدف:

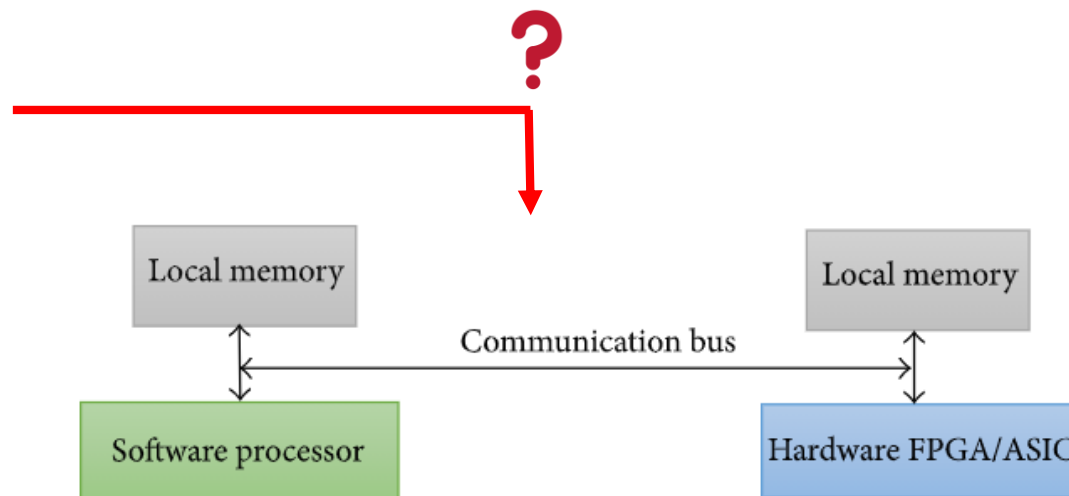
- نگاشت و افراز پروسه‌ها بین اجزای پردازشی معماری

# روش‌های بخش‌بندی (ادامه)



- ساده‌ترین روش بخش‌بندی:
- تمامی وظایف که محاسبات کمتری دارند به CPU بروند
- وظایف محاسبات بالا یا پررخداد به ASIC بروند تا عملکرد سیستم تسریع شود

```
for (i=0; i<10000;i++)  
    s=s+a[i]*a[i];  
b=1/sqrt(s);
```

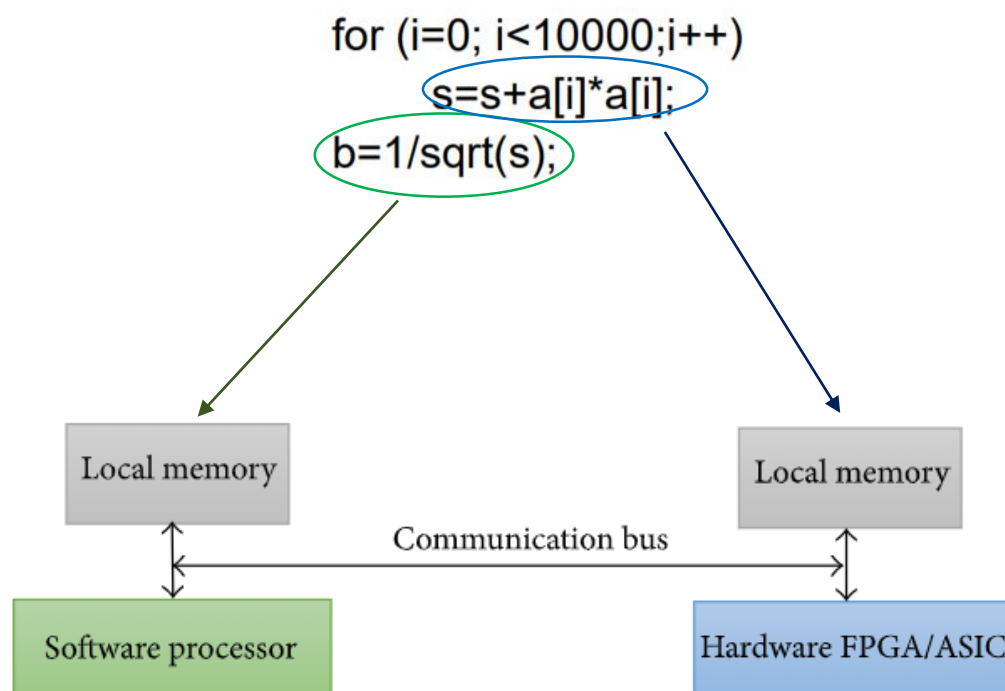




# روش‌های بخش‌بندی (ادامه)



- مثال ساده از بخش‌بندی:



# روش‌های بخش‌بندی - Optimization Strategy



- دسته‌بندی روش‌ها براساس استراتژی که در رعایت محدودیت‌ها (کارایی-هزینه) دارند:

- هدف اولیه: کارایی

- Primal Strategy

- سیستم **Vulcan**: تخصیص همه وظایف به ASIC و انتقال تدریجی توابع غیربحرانی به پردازنده با هدف کاهش هزینه

- هدف اولیه: هزینه

- Dual Strategy

- سیستم **Cosyma**: تخصیص همه وظایف به پردازنده و انتقال تدریجی توابع بحرانی به سمت ASIC با هدف افزایش کارایی

# مباحثی که این جلسه آموختیم

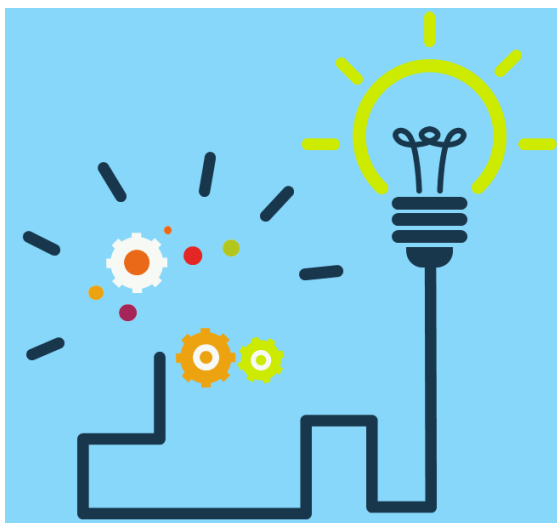


- فرایند سنتز توأم

- مراحل و ورود به بخش بندی و نگاشت

- آشنایی با الگوریتم‌های این حیطه و فرایند DSE

- الگوریتم‌های پایه



# مباحث جلسه آینده



- فرایند سنتز توأم

- الگوریتم‌های پایه بخش‌بندی و نگاشت

