



معماری و سازمان کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

امیر خورسندی

بهار ۱۴۰۲

پردازش خط لوله

مقدمه

- به منظور بالا بردن سرعت پردازش باید راهکاری مورد استفاده قرار بگیرد که:
- تاخیر عملکرد همه بخش ها و واحدها تا حد ممکن به یکدیگر نزدیک شود.
- فرکانس کاری سیستم افزایش یابد.
- راندمان سیستم افزایش یابد.

پردازش موازی

- امکان پردازش چند وظیفه را به صورت همزمان فراهم می نماید.
- از این طریق میزان پردازش انجام شده در واحد زمان افزایش می یابد.
- در نتیجه سرعت کلی پردازش در سیستم افزایش می یابد.
- البته بدیهی است که این کار سبب افزایش حجم و هزینه سخت افزار خواهد شد.

طبقه بندی فلین



SISD •

SIMD •

MISD •

MIMD •

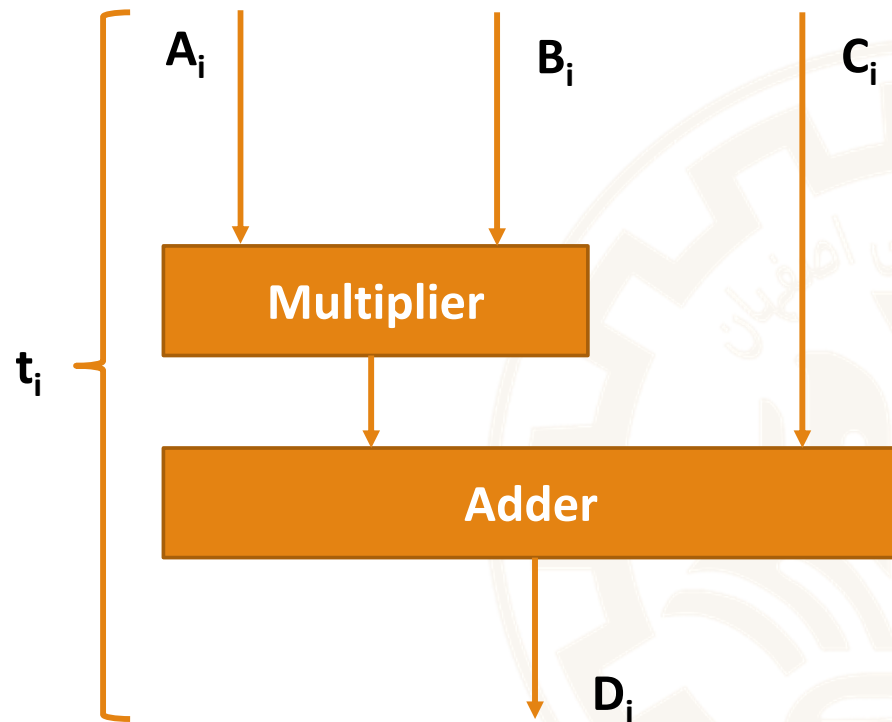
خط لوله

- به منظور افزایش سرعت در انجام یک مجموعه کار متوالی تکراری به کار می رود.

- مثال: خط مونتاژ خودرو



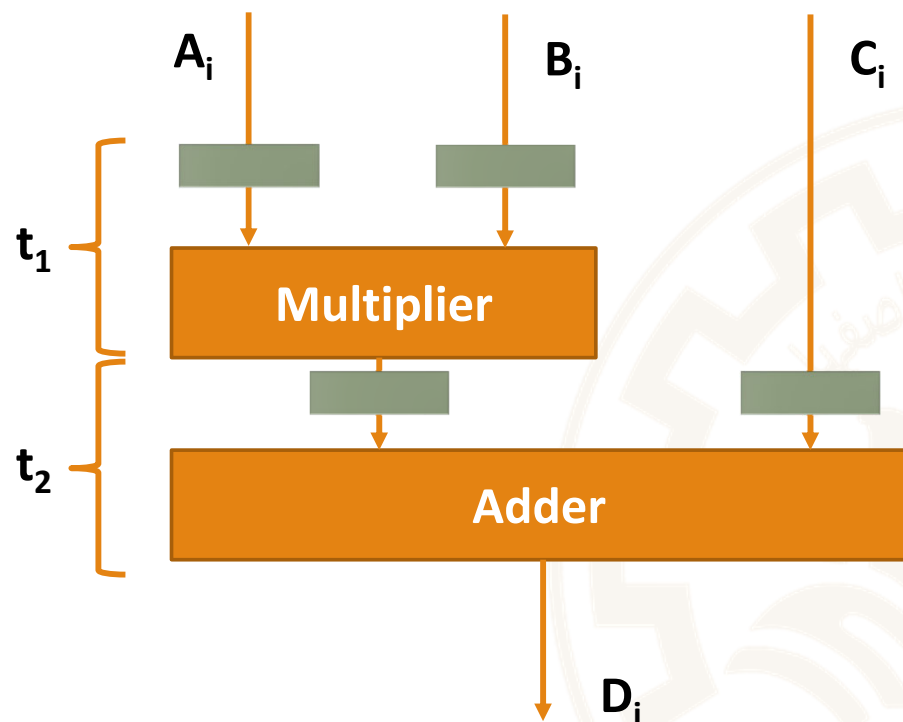
مثال



$$D_i = A_i \times B_i + C_i \bullet$$

$$T = n \times t_i$$

مثال



$$D_i = A_i \times B_i + C_i \bullet$$

$$T = (k + n - 1) \times t_p$$

$$t_p = \max\{t_1, t_2\}$$

میزان افزایش سرعت

$$S = \frac{n \times t_i}{(k + n - 1) \times t_p}$$

$$S = \frac{n \times k \times t_p}{(k + n - 1) \times t_p}$$

اگر n زیاد شود:

$$S = k$$

سیکل کلی دستورالعمل

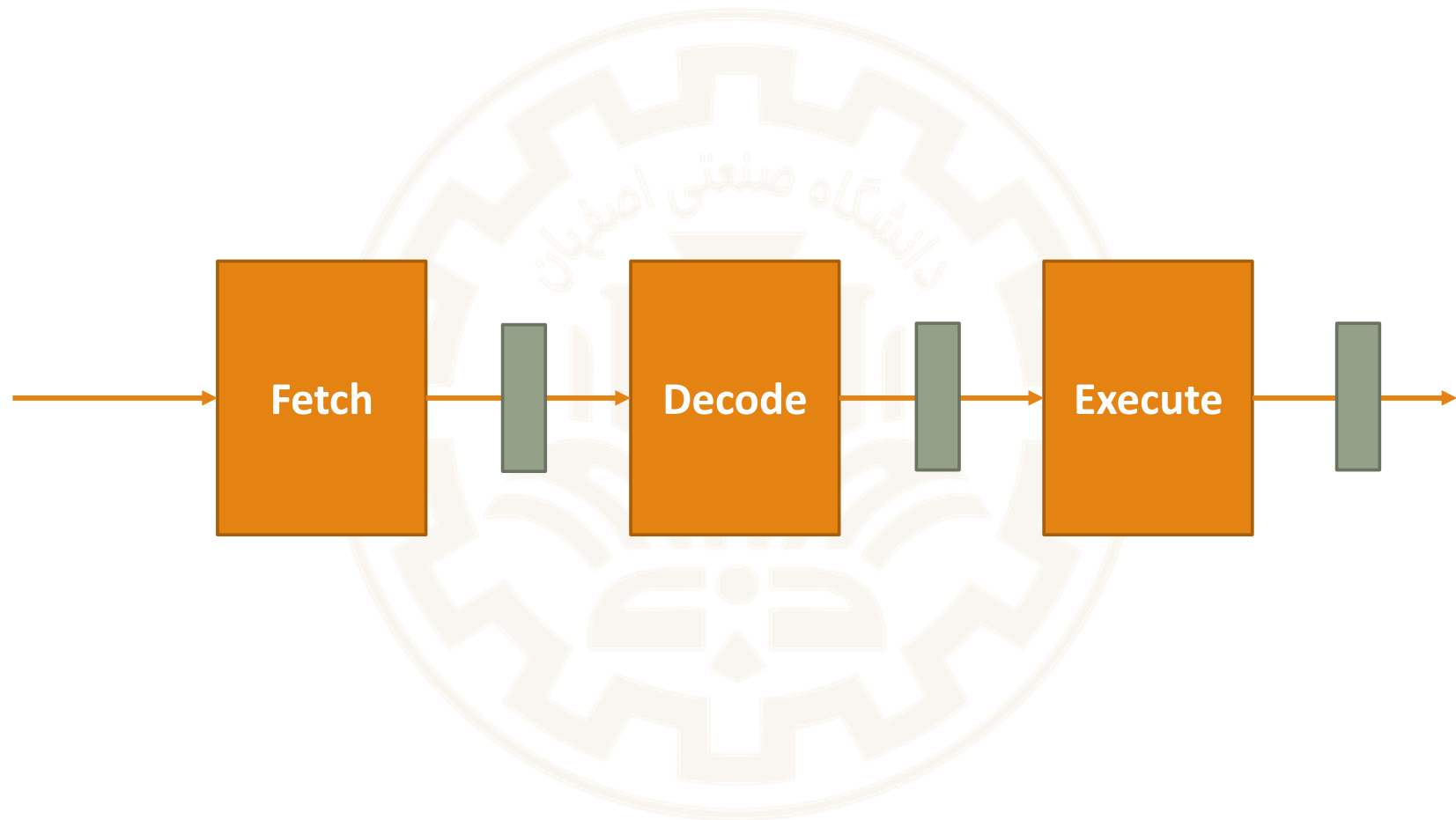


Fetch

Decode

Execute

خط لوله اجرای دستورات



نمودار زمانی

Instruction number	Clock number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Instruction i	IF	ID	EX					
Instruction $i+1$		IF	ID	EX				
Instruction $i+2$			IF	ID	EX			
Instruction $i+3$				IF	ID	EX		
Instruction $i+4$					IF	ID	EX	

مخاطرات خط لوله

• شرایطی هست که در آن دستور جدید نمی تواند در پالس ساعت بعدی کار خود را انجام دهد.

• انواع مخاطرات:

- وابستگی داده
- وابستگی کنترل
- وابستگی منابع



وابستگی داده

مثال:

ADD R1, R2
MOV R3, M[R1]
SUB R4, R3

پالس ساعت	۱	۲	۳	۴	۵	۶
دستور اول	Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.		
دستور دوم		Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.	
دستور سوم			Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.

وابستگی داده (ادامه)

مثال:

ADD R1, R2
MOV R3, M[R1]
SUB R4, R3

پالس ساعت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	
دستور اول	Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.			
دستور دوم		Fetch	Decode	Stall	Eff. Addr.	Exec.	
دستور سوم			Fetch	Stall	Decode	Eff. Addr.	Exec.

وابستگی داده (ادامه)

• راهکار:

۱. تاخیر در اجرا
۲. اصلاح ترتیب عملیات در کامپایلر
۳. تسریع در تحویل نتیجه در سخت افزار



وابستگی کنترل

مثال:

SUB R1, R2

BNE L1

ADD R3, 5

JMP L2

L1: ADD R3, 9

L2:

پالس ساعت	۱	۲	۳	۴	۵	۶		
دستور اول	Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.				
دستور دوم		Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.			
دستور سوم			Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.		
دستور چهارم				Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.	
دستور پنجم					Fetch	Decode	Eff. Addr.	Exec.

وابستگی کنترل (ادامه)

• راهکار:

۱. اصلاح ترتیب دستورات در کامپایلر
۲. اجرای دستورات از هر دو مسیر شرط
۳. پیش بینی نتیجه شرط

وابستگی منابع

