

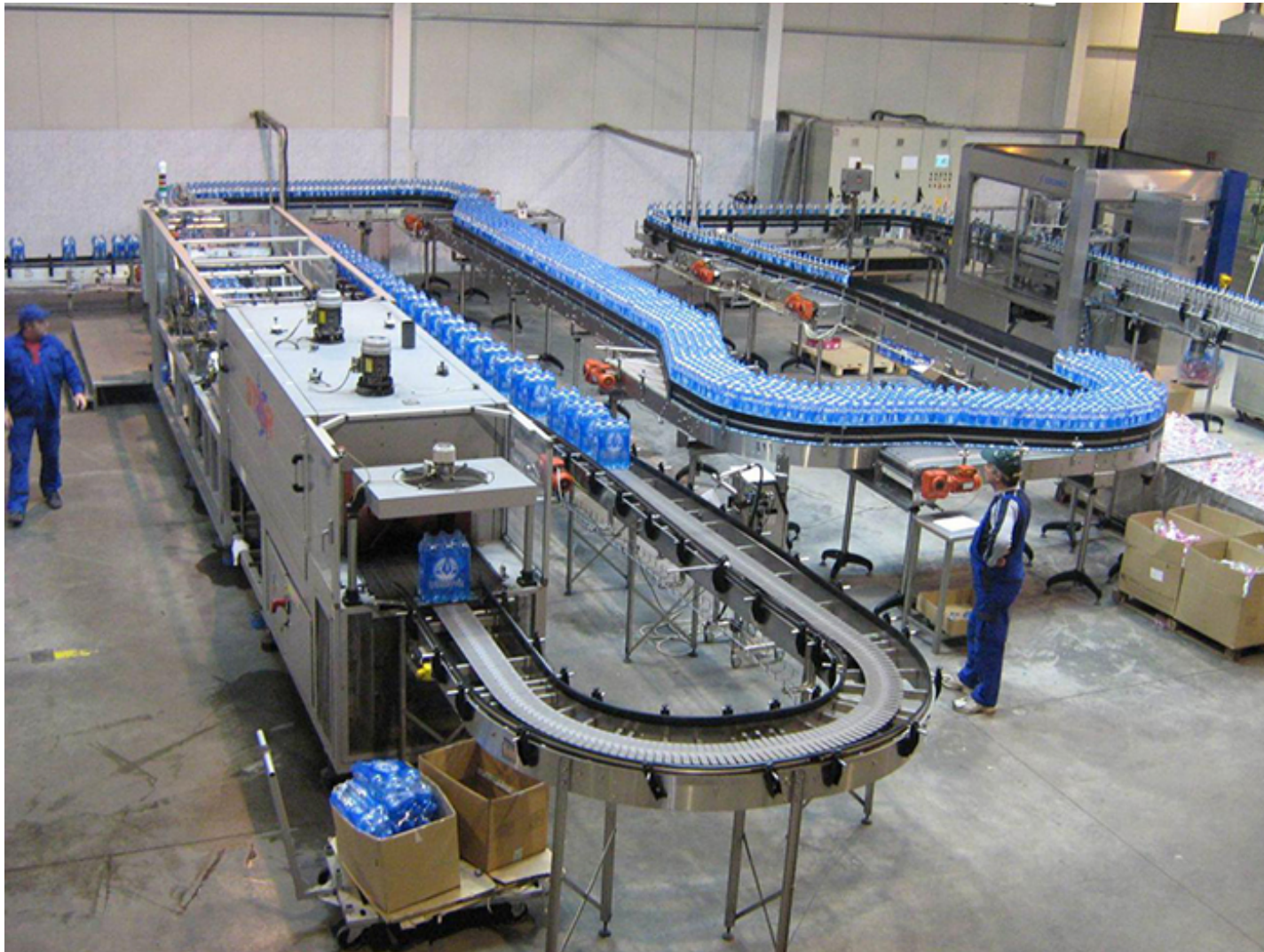


# خط لوله Pipeline

© تمامی اطلاعات موجود در این سند متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و حقوق قانونی آن محفوظ است.

## ایده خط لوله

- الهام گرفته از کارهای انسان
- خط لوله در کارخانجات تولیدی
- خط لوله در صنعت خودروسازی
- خط لوله در معادن



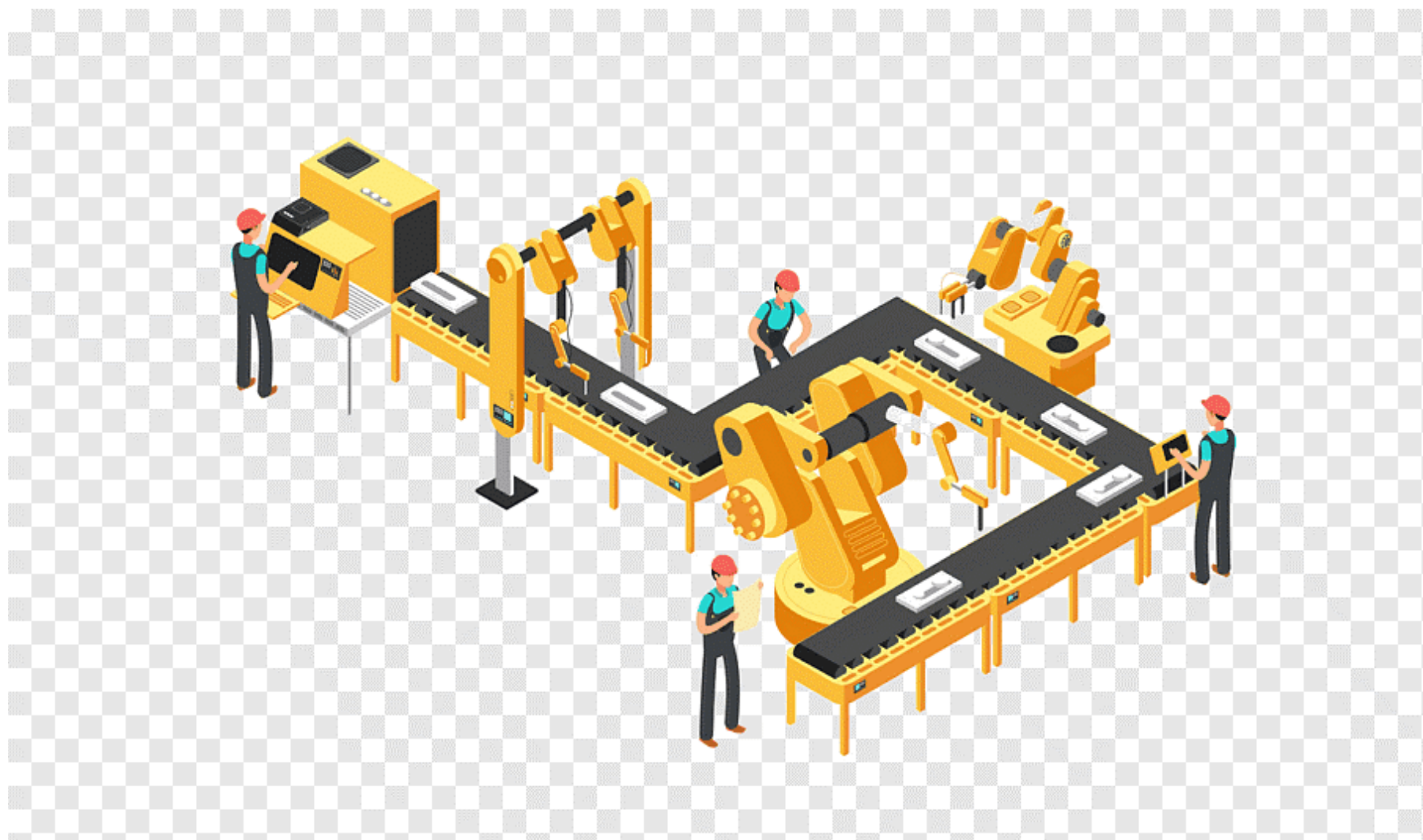






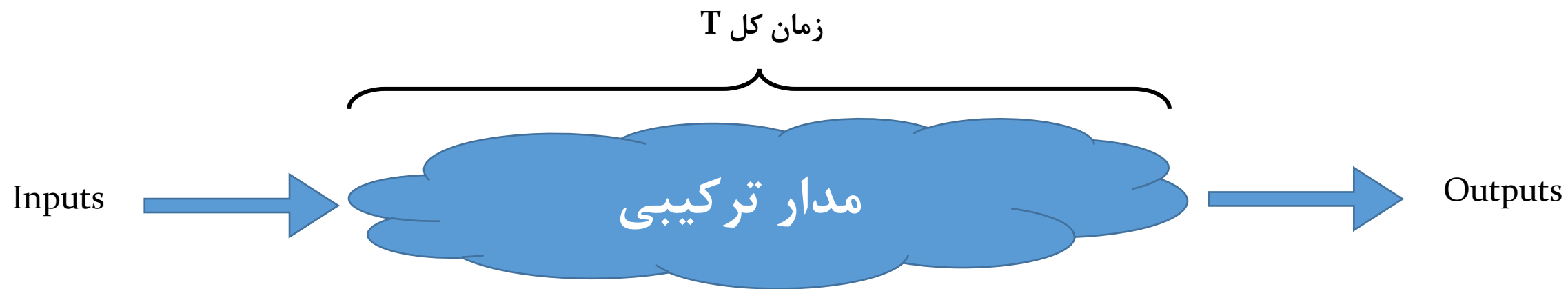








## خط لوله در مدارات ترکیبی

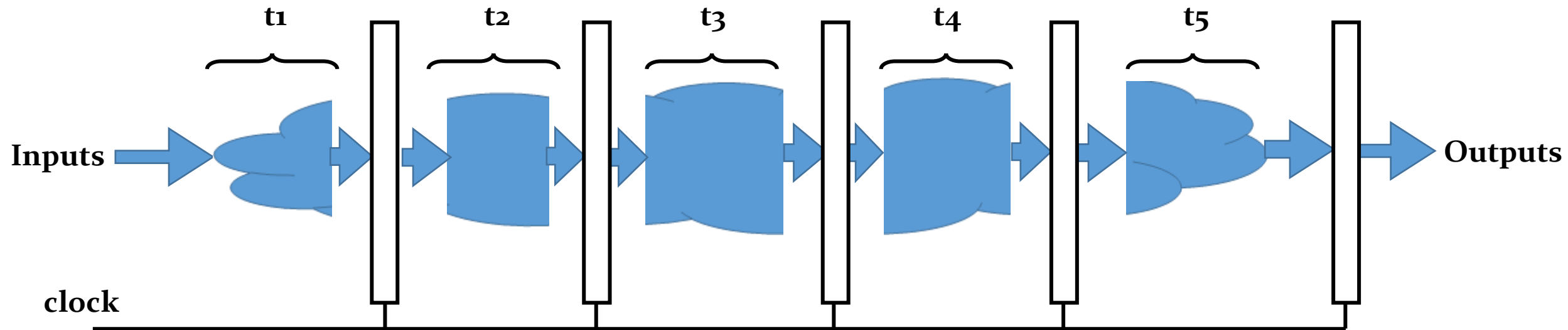


$N$  : # inputs (jobs)

$$Total\ Time = N \times T$$



# خط لوله در مدارات ترکیبی



$$t = \text{Period} \geq \text{Max}(t_i)$$

$$\text{Total time} = (5 + (N - 1)) \times t$$

$$\text{Total time} = (k + (N - 1)) \times t \quad \text{where } k \text{ is no. of stages}$$

stage  
step  
گام  
مرحله  
بخش





# خط لوله در مدارات ترکیبی دارای $k$ مرحله

$$\text{Total time} = \frac{N \times T}{(k + (N - 1)) \times t} \quad (I)$$

$$\text{Limit (Total time)} N \rightarrow \infty \approx \frac{T}{t} \quad (II)$$

$$\text{Total time} = (if \quad \forall i, j \quad t_i = t_j)$$

$$= \frac{T}{\bar{k}} = k \quad (III)$$

توجه:

فرمول (I) حالت کلی است و همیشه درست است.

فرمول (II) در حالتی که تعداد ورودیها به سمت بینهایت برود، درست است.

فرمول (III) در حالتی که تعداد ورودیها به سمت بینهایت برود و تاخیر هر قسمت برابر باشد، درست است.



# خط لوله در کامپیوتر

الگوریتم فون نیومن

- خواندن دستورالعمل (Instruction Fetch (IF
- رمزگشایی دستورالعمل (Instruction Decode (ID
- خواندن عملوندها (Operands read (OR
- اجرای دستورالعمل (Instruction Execute (EXE
- پس نویسی نتیجه (Result Write Back (WB
- برو به دستور بعدی





# دیاگرام مکان-زمان (Space-time diagram)

Clock	1	2	3	4	5	6	7	8	...		T
IF	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...					
ID		$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...				
OR			$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...			
EXE				$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...		
WB					$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...	$I_n$

1- ارتفاع جدول به چه پارامتری وابسته است؟

2- پهنای جدول به چه پارامتری وابسته است؟

3- برش افقی چه معنایی دارد؟

4- برش عمودی چه معنایی دارد؟

5- آخرین زمانی که دستور  $n$ -ام خارج میشود، چه زمانی است؟  $T$ ؟



# ایجاد حباب در خط لوله دستورالعمل

Clock	1	2	3	4	5	6	7	8	...		U
IF	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...					
ID		$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	...				
OR			$I_1$			$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$		
EXE				$I_1$			$I_2$	$I_3$	$I_4$	...	
WB					$I_1$			$I_2$	$I_3$	...	$I_n$

\* در صورت ایجاد حباب به طول  $b$ ، مدت اتمام چقدر خواهد بود؟  $U$ ؟





# مخاطرات خط لوله دستورالعمل

➤ وابستگی داده بین دستورالعمل‌های متوالی (Data Dependency)  
○ آیا رایج است؟ یا نادر است؟

➤ تلاقی منبع (Resource Conflict)  
○ واحد اجرای دستورالعمل نیاز به سخت افزار جمع دارد، واحد  $PC = PC + 4$  نیز همینطور.

➤ دستورات پرش (Branch Instructions)  
○ دستورات پرش معمولی (بدون شرط) Simple branches  
▪ goto, jump  
○ دستورات پرش شرطی (به شرط درست بودن گزاره) Conditional Branches  
▪ jz, jnz, jc, jnc, js, jns, jp, jnp, jo, jno, ...  
○ چقدر رایج است؟



## راه حل‌ها:

➤ حل مشکل وابستگی داده؟

- جابجایی دستورالعملها در صورت امکان
- کامپایلر یا برنامه نویس

➤ حل مشکل تلاقی منبع؟

- خرید منبع و افزایش آن

➤ حل مشکل دستورات پرش؟

- Take one randomly
- Interleave execution
- Branch predictor
- Branch target buffer (BTB)
- Loop buffer





# سوال؟

