

## Dependability

↳ Parameters

Attributes

IFIP 10.4  
WG  
Dependability

1 - Reliability

2 - Availability

3 - Safety

4 - Security

5 - Maintainability

6 - Testing

## Failure (خطای سیستم)

Failure

↓ سیستم خراب شد  
↓ میتواند اتفاق بگیرد  
↓ اینکه نقص نباشد

## FMEA

Fault made effect Analysis

سیستم از اثراست برخی خواهد داشت

در زمان غیر معمول (عکس) در خروجی سیستم حاصل است →  
برخاست

failure علیه Fault

→ ① سیستم خراب شد  
در اینجا کار

عکس داد  
وی خالک برخال سیستم

ادامه نموده

ست نادرست

5 عامل ۹۵٪

## Fault (خطا)

→ error

↓ ایجاد شد  
↓ ایجاد شد

Permanent

↓ برخلاف بینی

استاندارد خواهد

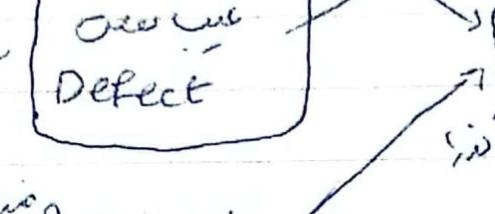
بود

↓ Fault → Error → Failure

گرچه علیه استاندارد خواهد بود

### Fault Causes

أخطاء  
Defect



عوامل خارجي  
جودي

غير لائق

1  
- 2  
- 3  
- 4

جودي

Fault

Fault

مشكل جيد - خطأ بروتوكول

مشكل زعاف - failure

مشكل خطا و خطأ - error

مشكل خطأ - fault

شكل بجهود يابه جان

error ملحوظ خطأ -

failure نقص عزوج

مشكل سريري -

مشكل جيد باستثنى -

Fault: is a Physical defect, imperfection or flaw

that occurs within same hardware components

software

انحراف deviation

Error: is the manifestation of fault / is a deviation from accuracy or correctness

from accuracy or correctness

out of

Failure: is the non-performance of some action that is due or expected

out of

عيوب

او خطا

عيوب او خطا

Fault: اخطاء

error: اخطاء

failure: اخطاء

↓

↓

↓

Fault Removal

Fault Detection

Fault Tolerance

correct

(او خطا و عيوب) fault/error/failure: اخطاء

عيوب او خطا

Elpon

1 خطا در محاسبه /  $\rightarrow$  Fault tolerance از برآوردهای testability و dependability.

2 سنتی سوئینج /  $\rightarrow$  dependability.

3 خطا در این فرآیند /  $\rightarrow$  Fault tolerance.

4 طبقه بندی /  $\rightarrow$  Fault tolerance.

## Dependability

الخطي

\* نظر و اهمیت:

سازمانی و اقتصادی

reliability

Availability

safety

Maintainability

Security

Performability

Testability

\* اعداد لئے، اعداد احتمالی (استحکام و قدرت)

\* نتیجه برای مطالعه: کمترین مقدار احتمالی از احتمال خرابی در زمان  $R(t)$

\* Reliability =  $t \leq t_0$  احتمال شرطی آن که سیستم در بازه زمانی  $[0, t_0]$  خوب باشد

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

احتمال شرطی

Prob of system is good

$[t_0 - t]$

@  $t_0$

$t_0 = 0$

بعد از  $t_0$

$[0 - t]$

@  $0$

بعد از  $t$

$n =$  تعداد اشتباهات

Elipon

اگر وقتی باشیم در  $t = 0$  از این سیستم

= Prob of  $[0 - t]$

Prob of  $n > t$

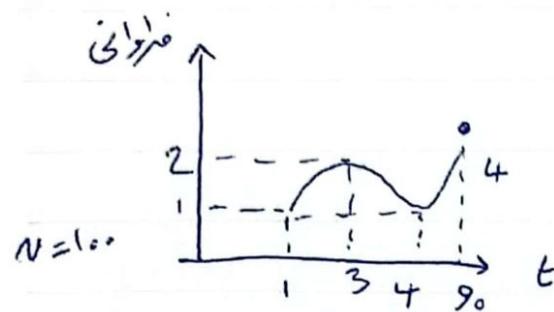
=

رسالة تجربى (رس)

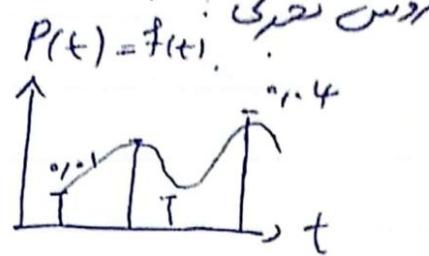
رسالة تحليلى (رس)

رسالة حقيقية  $R(t)$  محسوبة شود

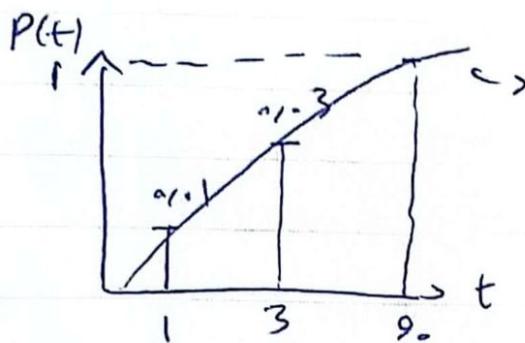
تابع حقيقى (أو موجة جسم)



احتمال



تابع تجربى

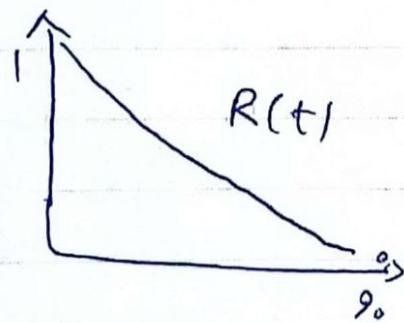
 $P(t) = F(t)$   
رسالةحتما  
افتراضى  
إسل

$$P(t) = \text{Prob} \{ u \leq t \}$$

$$R(t) = 1 - P(t)$$

رسالة انتظارى

رسالة



طول عمر رس

$$\text{Prob} \{ u > t \} = 1 - \text{Prob} \{ u \leq t \}$$

$$= 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

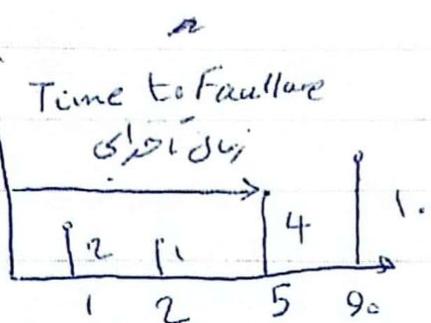
تابع تجربى

حتمى رس

تابع حقيقى

حتمى رس

Failure  
frequency  
فرکانس خرابی



$$N = 17$$

$$\bar{u} = ?$$

$$\bar{u} = \frac{2 \times 1 + 1 \times 2 + 4 \times 5 + 1 \times 9}{2+1+4+1}$$

\*  $\rightarrow$

$$\text{mean} = \int_0^{\infty} f(t) \cdot t \, dt = \text{MTTF}$$

$$\rightarrow \text{mean} = \sum P(t) \cdot t$$

: MTTF,  $R(t)$  def.

$$\text{MTTF} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \, dt$$

$$uv' = (u v') - (u' v)$$

$$R = 1 - F$$

~~$$= \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \, dt$$~~

~~$$= - \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dR(t)}{dt} \, dt$$~~

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$= - \left( t \cdot R(t) \Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} (1 \cdot R(t) \, dt) \right)$$

$$= - (0 - 0) - \int_0^{\infty} R(t) \, dt = \int_0^{\infty} R(t) \, dt = \text{MTTF}$$

میانگین دوره زمانی

$$R_A(t) > R_B(t) \xrightarrow{\text{I}} MTTFA_A > MTTFB$$

$$\xleftarrow{\text{II}} \text{X}$$



میتوانیم این نتیجه است  
و از آن تبعه نمود

(نحوه احتفل شدن نمود)

$$R(t) = r \rightarrow t = R^{-1}(r)$$

عدد داره سنت  
 given  
 Parameters

قابلیت اطمینان

در مدت

برای ماموریت

قابلیت اطمینان نموده است

\* معمولی که قابلیت اطمینان باعث نموده در مدت ماموریت های طولی مدتی خواهد.

قابلیت از عمل است و برای احتفل

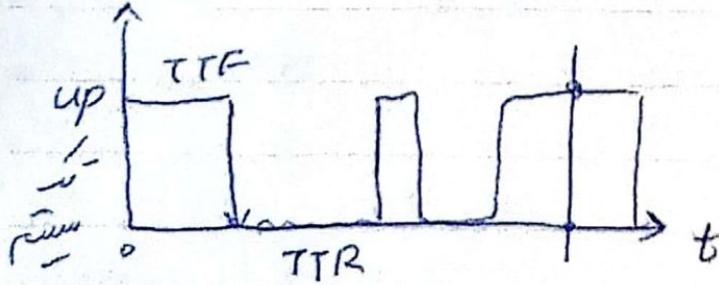
مسیر پری

قابلیت دسری

در مدت ماموریت در مدت t در دسری بود

$$= Prob = \left\{ \begin{array}{l} \text{سنت سالم} \\ @t \\ \wedge \\ \text{سنت در مدت} \\ \text{مسیر پری} \end{array} \right\}$$

up/down



$$\rightarrow A(t) \left\{ \begin{array}{l} \text{اگر} \\ \text{نحوه این} \\ \text{جواب} \end{array} \right\}$$

Elipon

میتوانیم این را بگوییم



حيث  $R(t)$  = احتمال عدم وجود عيوب ميكانيكيه

حيث  $A(t)$  = احتمال عدم وجود عيوب ميكانيكيه

عوامل تأثير على احتمال عدم وجود عيوب ميكانيكيه

Reliability

Availability

$$Q(t) = 1 - R(t)$$

unreliability

احتمال شطبى أن نسبيه لفترة  
وقت  $t_0$  إلى  $t$

يشطب  $t_0$   $\rightarrow$   $t$  درست ماركوف

1 احتقال آن را سistem Safety = این سistem خراب نہ میںے

2 سالم رائید یا آئر نہ بخوبی خراب کر نہ سعد

3 شود رہ آسی۔ حال یا دیگر سistem های صریف دارند یعنی

4 بخوبی خراب باستہ رہ آسی

5 طارہ نہ کرے

6 حاد و مال = اسکے لئے

7 صورتیں نہیں : سistem میں

8 دیگر سistem میں

9 مثال: وجود کمینہ در خودرو برائی زیبی نہ تغیر نہ رہی لہ Safety (بابا یہ برد)

10 مثال: وجود میوز در ساختمان ہا (سیم: برق ساختمان)

11 مثال: وجود برق افشاری در اسنسنور، safety را بابا یہ برد

12 مثال: سور در درخانہ ہا بابت اقتراض Safety یہ شود

13 احتقال آن را سistem خراب در =

14 قابلیت نہ داری طول سمت  $t \rightarrow \infty$  تغیر نہیں

15 سالم برد میں

16 میانگیز است

17 ① تعداد تعمیریارہ

18 ② بیکی در دسترس

19 است

20 دھر خریڈ بس ترباستہ ماسٹنن تکمیر بابا یہ اور

21 احتقال آن را سistem در زدن =

22 دارائی سفع کارائی بزرگتر تابیت کارائی

23 یا مسافری سے باستہ

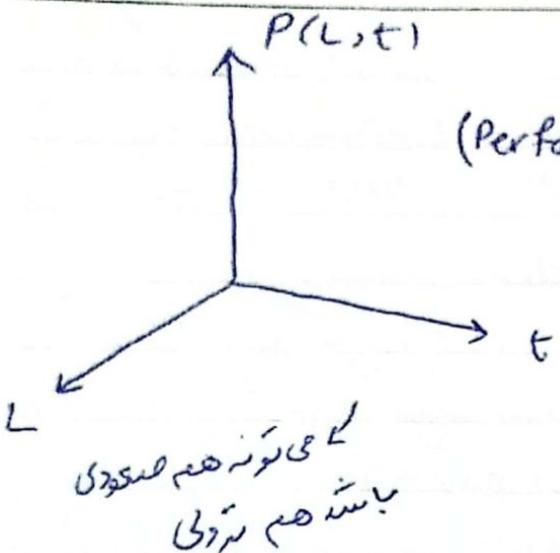
24 L: Performance Level سعی کارائی

25 باتقہبہ بکاری، تغیرتی شد

26 شال: بیداریزہ جنہیں ہستہ خوبیم سلنہ، طول زمان پر ہستہ خراب شدہ،

27 Elipon Performance کاشتہ دی سیستم اسٹم

28 این سفع کارائی، تعداد ہستہ ہاست کاشتہ دی سیستم اسٹم



(Performance Graceful ~~Degradation~~ Degradation)

نیز سیستم می تواند با خطا نیز سیستم  
هم چنان سرویس مورد تقاضه  
ارائه می شود وی سرعت (نارنجی)  
ماهش می پاید  
مثال: سیستم کهوز است می باشد

قابلیت آن سیستم تواند برخی عملکردهای  
لینی خود را است کند.

Security =  $\begin{cases} A(t) : Availability & \text{سیستم} \\ Integrity = \text{داده های خود را درست را داشته باشد} & \text{سریعیت} \\ Confidentiality & \text{سریعیت} \end{cases}$

A(t) : Availability  
Integrity = داده های خود را درست را داشته باشد  
Confidentiality = سیستم عمل نماید و سرویس مورد تقاضه خود را ارائه دهد

Fault tolerance sys

که دیگری است و بودنش بابت  
dependability بارگذشت  
سیستم می شود

از پارامترها که fault tolerance عبارت  
نه دارد

Dependability مثل آن پارامترها است که fault tolerance

Dependability Elipon  
نمی تواند باشد و با آن بزرگ آن ها بایستی باشند

سیستم می شود.

بررسی این ماسنیز  
بررسی

Dependability

satellite

Dependability  
Applications

- Long life applications
- بررسی با طول عمر بسیار بالاتر
- کم خطا برآورده است
- Critical ComPutations
- کاربرد محاسبات تجزیه ای
- سیستم سوچ معتبر است
- Maintenance PostPanement apps
- بررسی تاخیر از اختن
- بررسی دش بروز نیافر
- High Available application
- بررسی با سطح های بانی
- بررسی UL
- کارهای معتبر

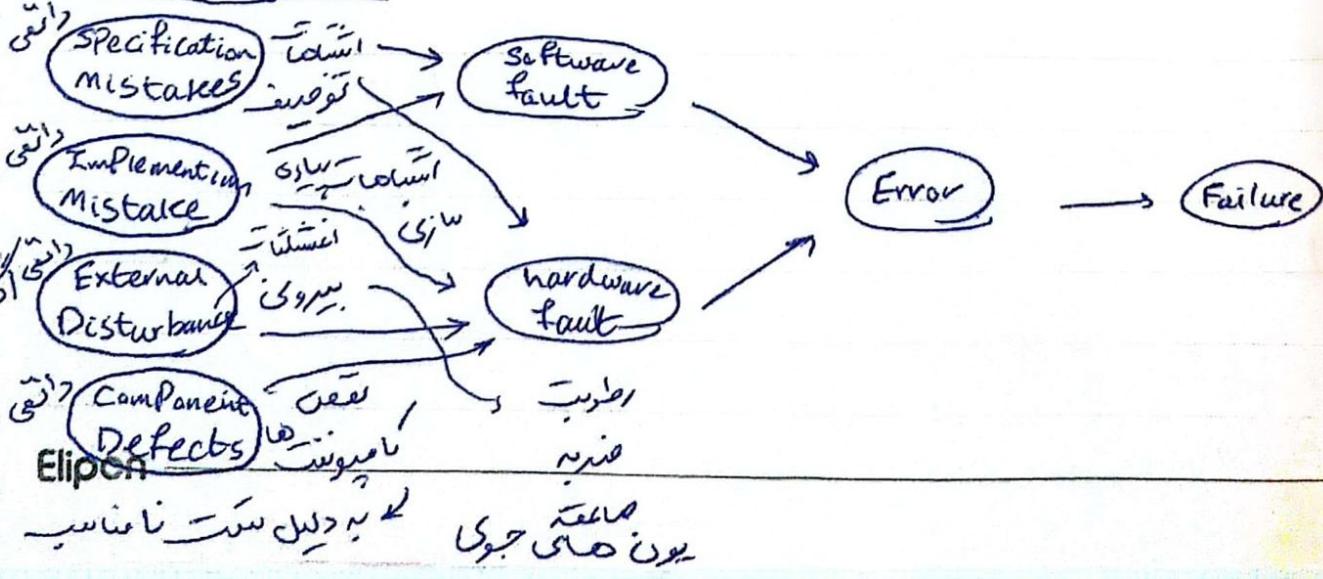
: Long life applications

$$\text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} \text{بررسی} \\ \text{کم خطا} \end{array} \right\} \geq 0,95$$

: Critical ComPutations

$$\text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} \text{کم خطا} \\ \text{بررسی} \end{array} \right\} \geq 0,97$$

### Fault Causes

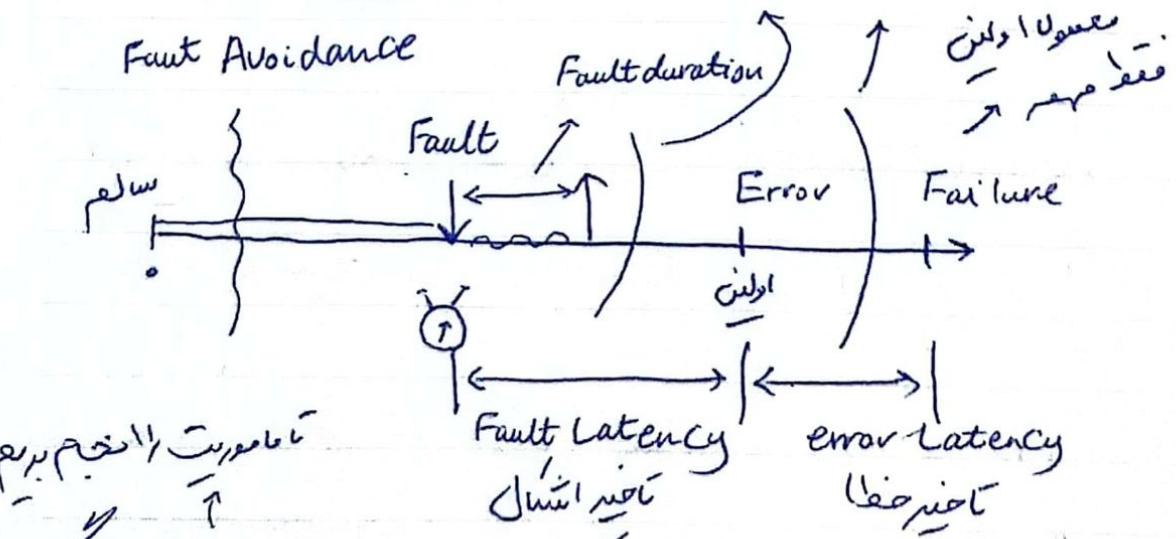
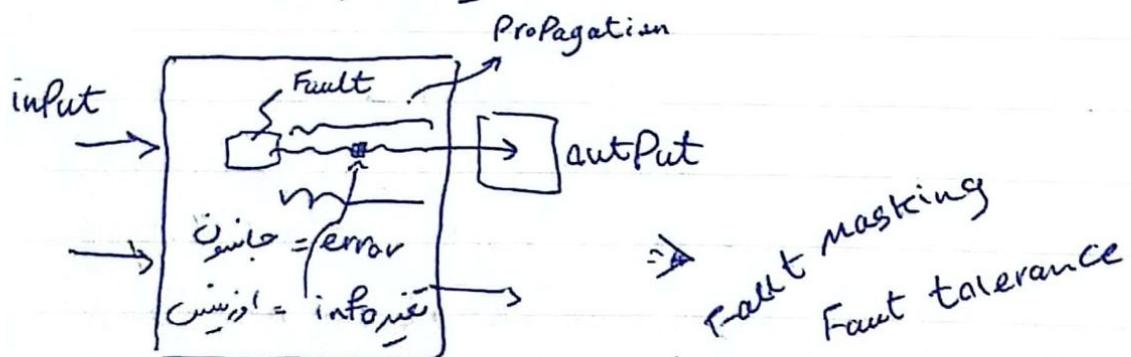


Jaw: Implementation mistake → PCB / a, b  
ریزی ام افراد

External disturbance → Temperature / PSD / heat aging  
Power supply / disturbance  
increasing, noise, noise, vibration

Specification mistake → Load generation  
زياده نهادن  
متوجه انتشار و تغیر  
تولید شدن down

ستونهای پاسیوئی (درسته افراد، ایشان، ...)



تعاویریت (الخطم برعی)

Failure Latency

Elipon

در حال ستد زدن با شیوه می خواهیم لینه باشیم که زودتر، و بینیم رفع کنیم

1 از جنید داده برای تعریف استخوان است (برای توصیف)  
 2 اسکو (اسکرپت) Cad Software دانه (برای پیاده سازی)

3 خوب نهادن (برای test)  
 4 (. external)

5 حبوی عامل خارجی / انسود درفت (برای Defects)  
 6

7 ← نمیشه / این حبوی این هر آن دفت  
 8

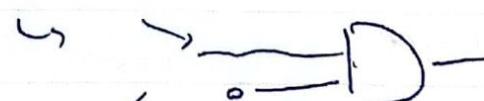
9 شاوه: شیدن پوشاندن  
 10 Formal method  
 11 documentation و وجود افراز  
 12 روشهای ستدند افراز

13  
 14 ستر بیان برای حبوی از Fault و ارزوهای  
 15

16 try/catch

17 ~~تغییر اسنال~~ (نقاب / درن اسنال) اسکو (اسکرپت) مدل Fault Masking

18 (برون تغییر اسنال و خود به خود بروجور (آمده باشد) به عنوان  
 19 شناسی سرکشی، پیشگیری، خواسته خواسته خواسته logic



20 inc Mask 1, 0 Fault نتیجه طوری است Quick Sort  
 21

22 لذاست بیت های برای ← hamming code ← Parity  
 23

24 Fault tolerance

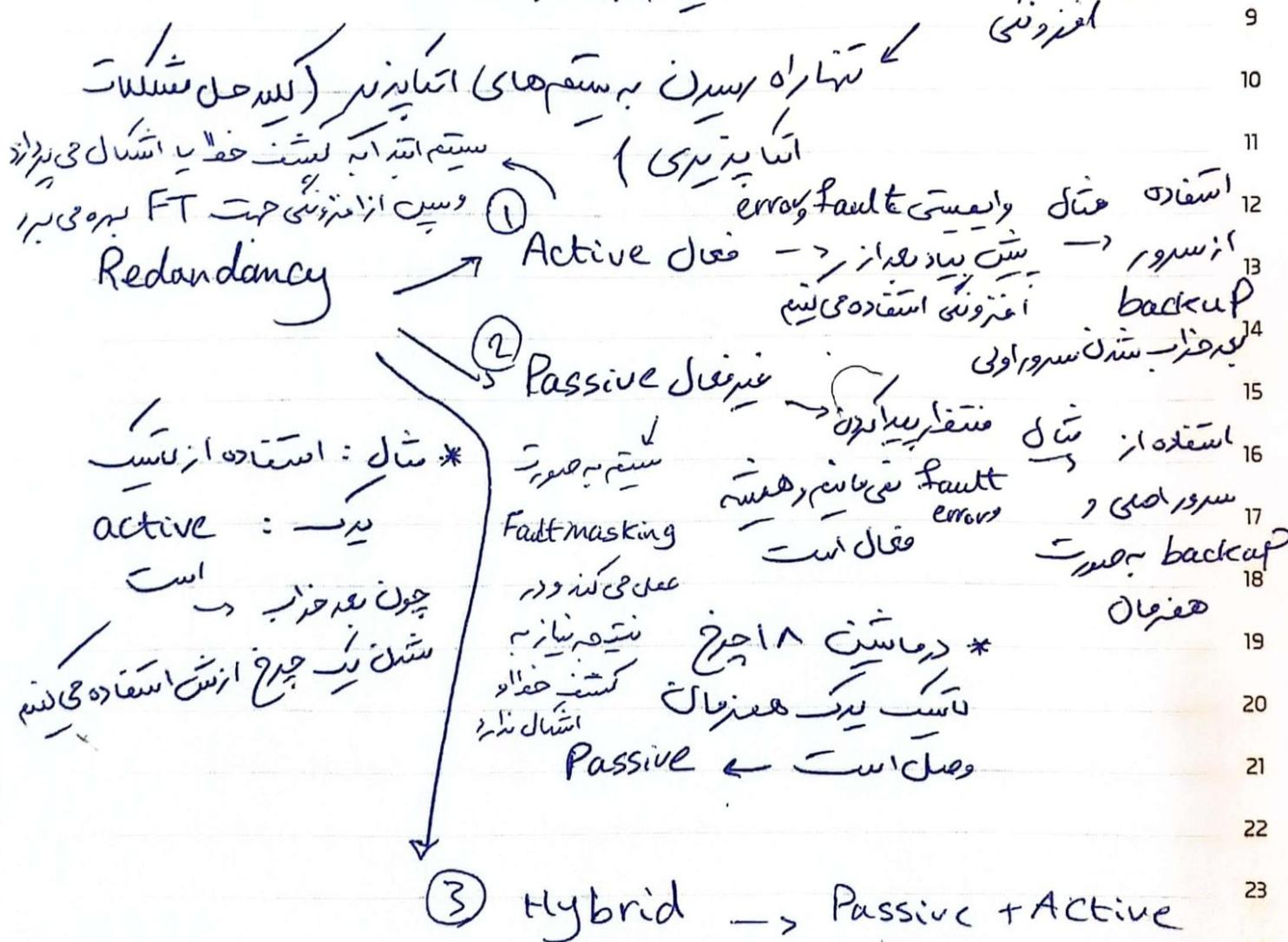
25 Fault ← جعبه سازی اسنال (معنی) Fault Containment

26 ستم خنی پخته شود (حبوی راهی برای) → Fault masking

مثال: لذاست Rule در صراحتی  
اسفاره از متداولتری های روز

Defectiveness در صراحتی سمت انجام می شود و ۰/۵ راست نمی کند  
دستگاه های اسخنی است (مثل در عای بال)  
در سیم های بخاری در صراحتی را بالاتر می بینی

88٪ : زنگاری سیم بخاری ماند است باشد



Redundancy: هر چیزی در قدر زیاد سیم مرد اسفاده شود  
و باعث هزنه احتمال می شود

Date: Fault

Subject: V فیزیک

D	R	A	S	M	sec	P

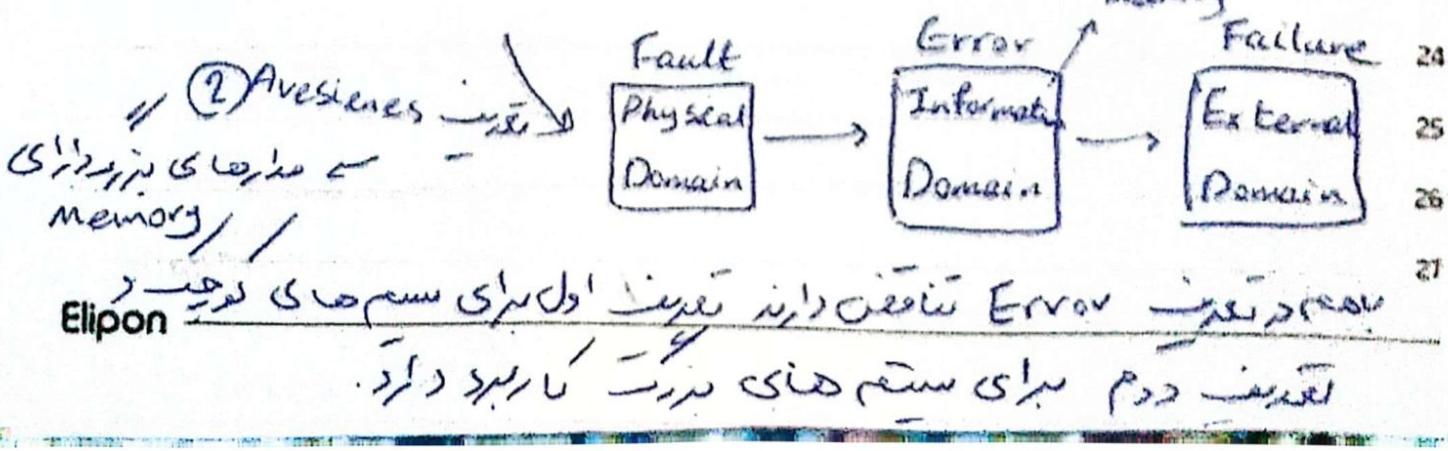
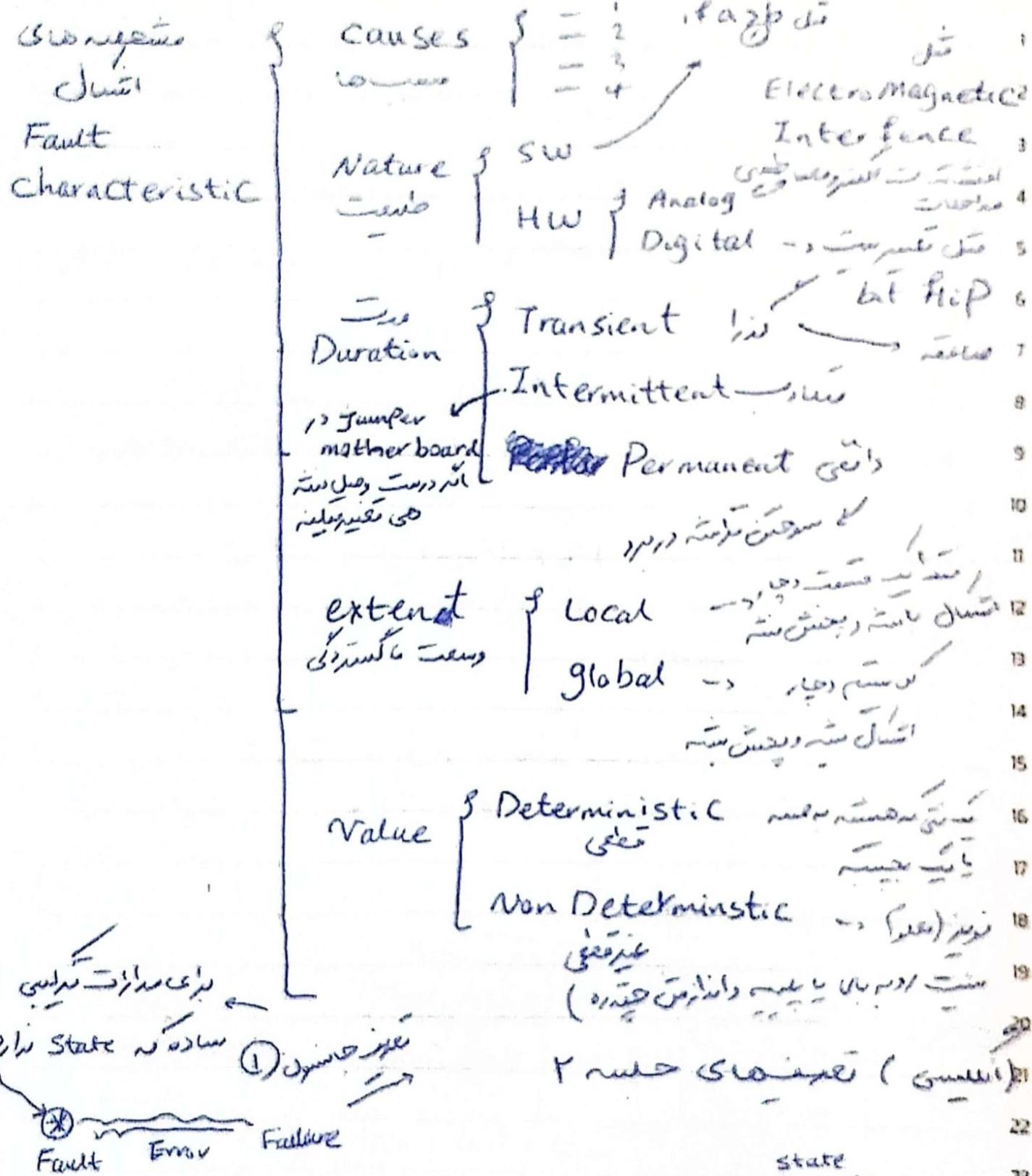
شیوه ۲: حدودی مانند  
جواب (۲<sup>۶</sup>)  $\rightarrow$  پرسش  
(۲<sup>۶</sup>)

شیوه ۳: ترجیح ۳ صفحه از متنها

Courses  $\leftrightarrow$  جزئیات

(میزان محاسبات)  $\rightarrow$  آبان  $\rightarrow$  نتیجه های مورد نظر

آنچه که آخرست (با انتزاع سی ربع)



Date: Fault

احتمال اتفاق افتادن:  $P_f$

احتمال اتفاق:  $P_i$

Subject:

$V_{fault}$

مراحل  
Active  
Redundancy

- Fault Detection یعنی  $\{P_1 \leq 1\}$   
 Fault Location یعنی  $\{P_2 \leq 1\}$   
 Fault Containment یعنی  $\{P_3 \leq 1\}$   
 Fault Recovery بازیابی / بازیافت  $\{P_4 \leq 1\}$

$$\text{Fault Diagnosis} = \text{Fault Detection} + \text{Fault Location}$$

$$\text{احتمال موقت} = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4$$

شنس کم  $\leftarrow$  شد بعد از  $\leftarrow$  دایم  $\leftarrow$  در حدیت ایده‌آل می‌خواهیم شناسید که  $\rightarrow$  و استفاده صفر در صورت باشد

### Confusion Matrix

		واقعیت		Detection	حکایت	
اشتاک		وجود ندارد (سیستم)				
شناخت	وجود دارد (مبتدا)	TP True Positive	FP False Positive			
	وجود ندارد (مبتدا)	FN False negative	TN True Negative			

← تبعات برقی ندارد وی هزینه را زیاد می‌کند و سیستم را لذت‌گیری نماید  $\rightarrow$  FP

← موجب خروجی سیستم  $\rightarrow$  FT خواهد شد  $\rightarrow$  FN

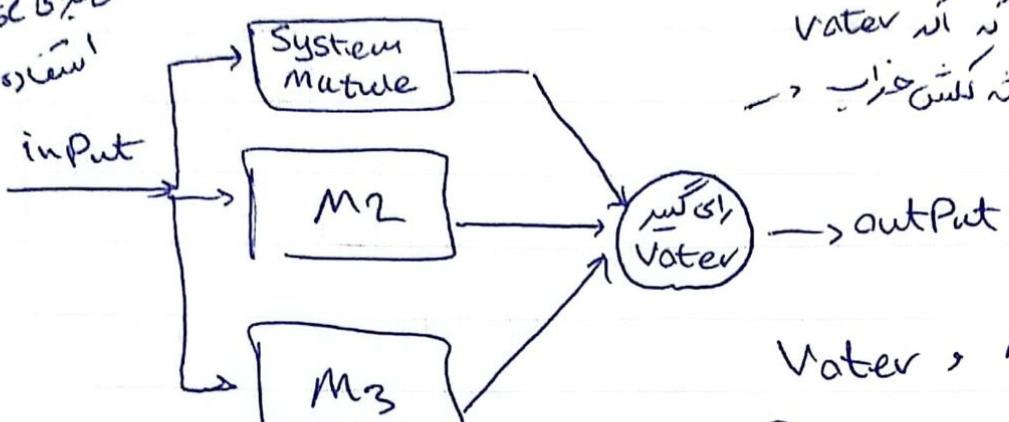
↑ Elipon  $\rightarrow$  FP ایست مثلاً آن‌ترین اشتراک سیستمی آن استهاده

همه سیستم وی آن استهاده نیز سیستم باعث خرابی و مسیب می‌شود

## TMR (Triple modular)

Redundancy

هزینه زیادی داشته  
کاربری کم  
استفاده نموده



شال حالت

: Passive

ایجاد اسکرین نمود  
هزار سنه کلس خراب  
نمود

Voter, M<sub>3</sub>, M<sub>2</sub>

افزونی حالت Passive

in

در حالت active بخطه اول کسر مطلع، هم درایم:

\* هزینه حالت active تراز حالت Passive است اما سازب

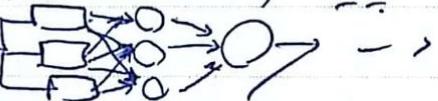
- Detection نارد - تابرانی با آنفال زیادی محقق می شود.

جاهی که میزنه هزینه سعید

دستیه مراحل

هوابیا / ساتلایت پرتابی

برای حل خود Voter



TMR چیزی

\* باین دو بخاری بی نرسیستم، علی سمع سعد

Voter مدل (Single Point of Failure) یعنی Voter مدل

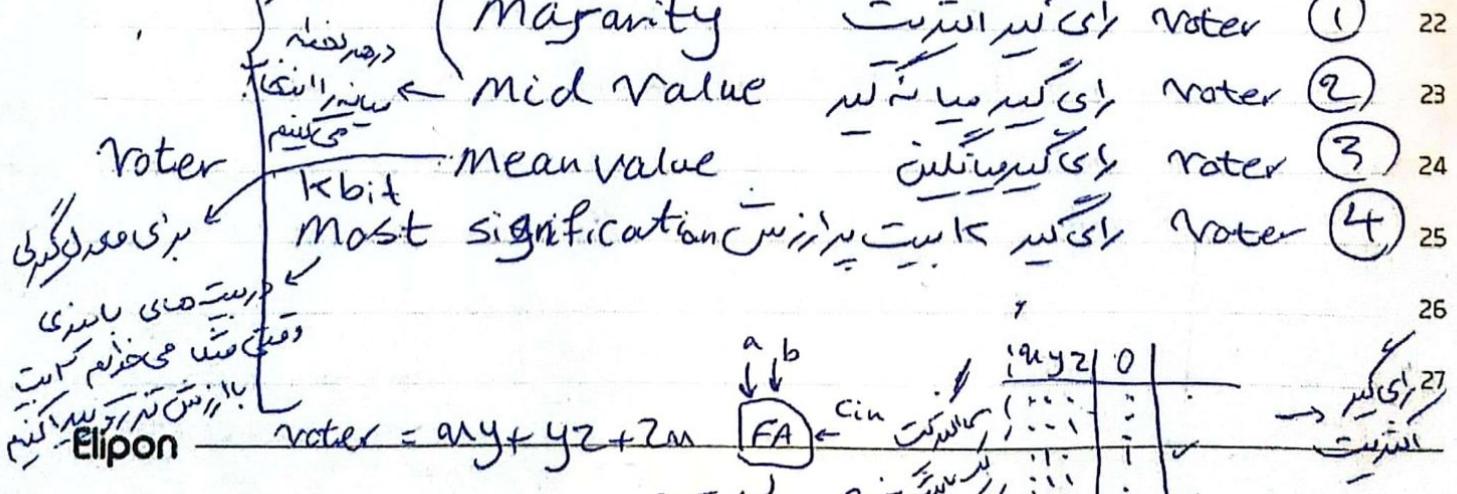
استفاده در دستیج → جاهی که راهدهای پردازند از این دو سیانه (حد و سعی)

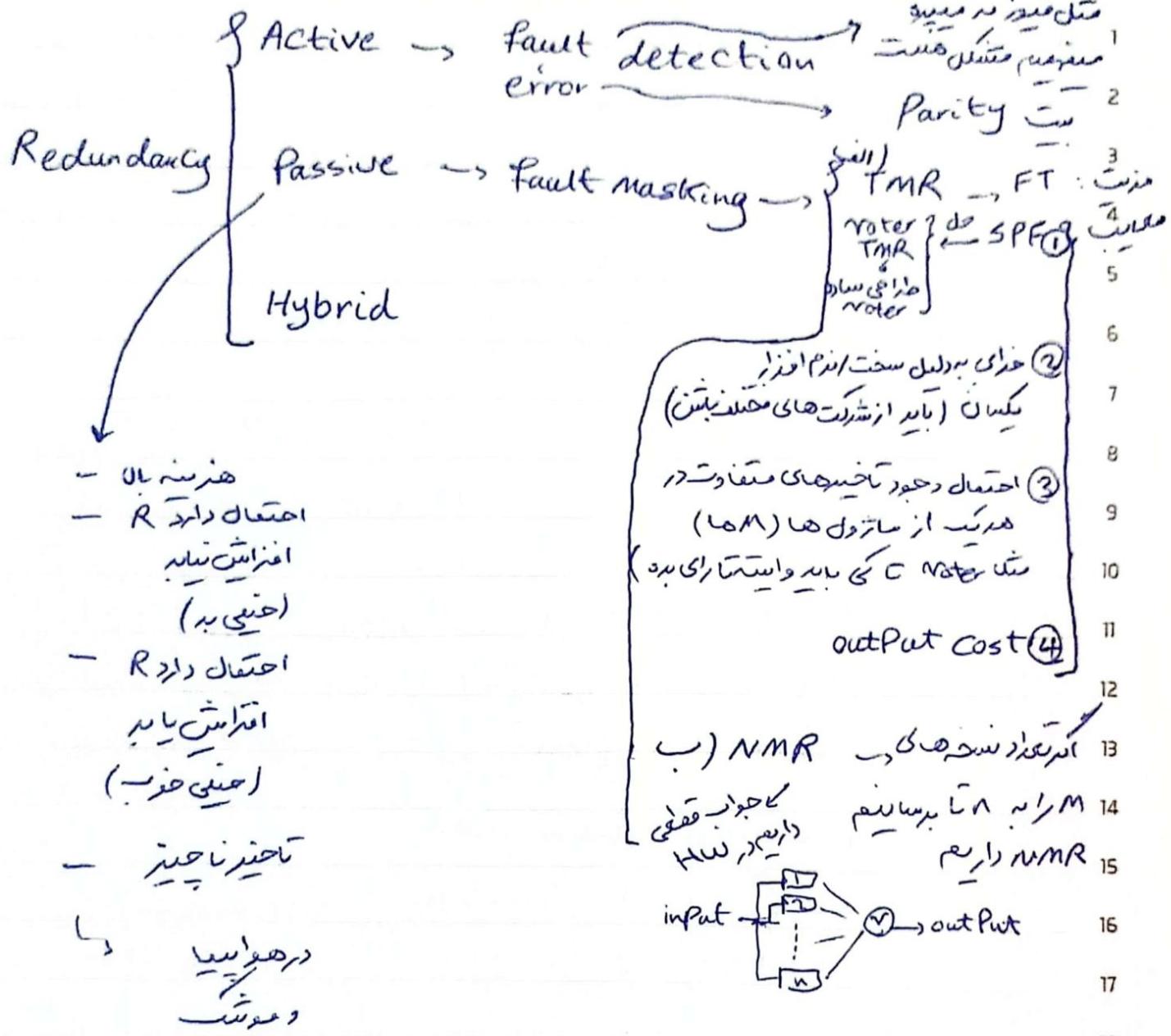
Majority رای کسر اشتافت Voter ①

Mid Value رای کسر میانگین Voter ②

Mean Value رای کسر میانگین Voter ③

Most significant رای کسر کا است پرورش Voter ④





$$R_{TMR} = (3R^2 - 2R^3) R_{rotor}$$

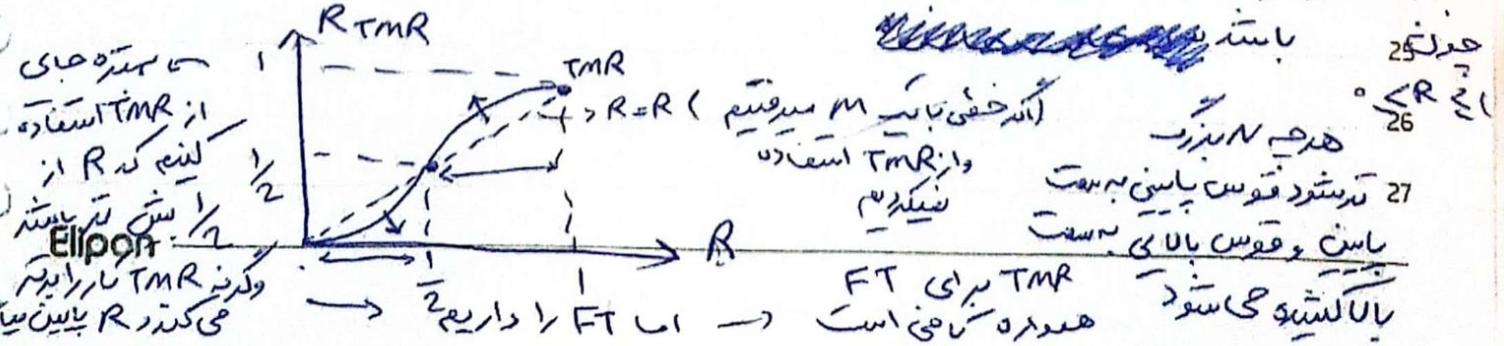
Reliability

هزاری مادرول های سالم را خراب کنند

$$R_{TMR} = R \cdot R \cdot R + 3(1-R)R \cdot R = 3R^2 - 2R^3$$

Reliability

در صورتی که در مدار کلی ۲ مادرول خطا شوند



recurrence time  
MTTF  
متولدة زمانی  
حرکتی

$$MTTF = \int_0^\infty R(t) dt$$

$\rightarrow$

$$MTTF = \int_0^\infty e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} \Big|_0^\infty = \frac{1}{\lambda}$$

$\rightarrow$

$$MTTF_{TMR} = \int_0^\infty (3e^{-2t} - 2e^{-3t}) dt$$

$$= \frac{5}{6} \frac{1}{\lambda} = \frac{5}{6} MTTF$$

Max Fault

$$\left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor + 1 \leq \left\lceil \frac{N}{2} \right\rceil$$

Tolerateable  $\rightarrow$ 

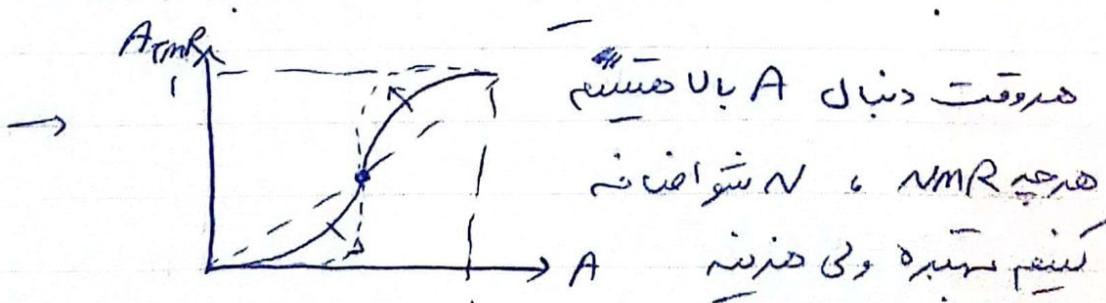
$$NMR, f = N - \left\lceil \frac{N}{2} \right\rceil = \left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor$$

$$\begin{cases} \text{if } N \rightarrow f = \frac{N-1}{2} \\ \text{if } N \rightarrow f = \frac{N}{2} - 1 \end{cases}$$

$$R_{NMR} = \frac{f}{N} = \frac{\left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor}{N}$$

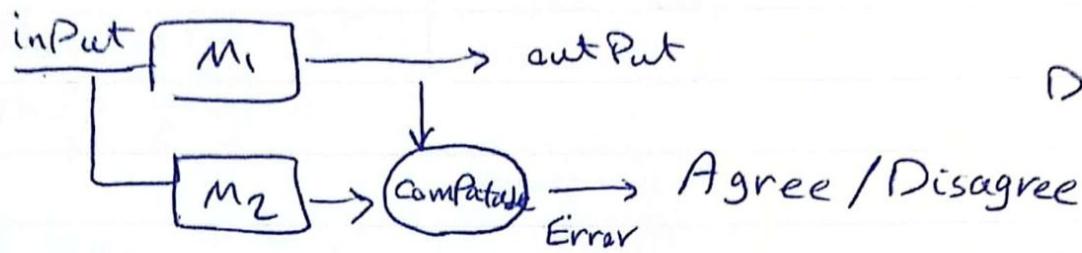
$$RTMR = \begin{cases} \text{if } 0 \leq R \leq \frac{1}{2} & R_{NMR} \leq R \\ \text{if } \frac{1}{2} \leq R \leq 1 & R_{NMR} > R \end{cases}$$

$\rightarrow$   $R_{TMR}$  is the ratio of A to  $A_{NMR}$ ,  $A_{TMR}$  is the ratio of  $A$  to  $A_{NMR}$ .



## ① DWC (Duplication with Comparison)

سچوی  
Active



in<sub>1</sub> Detect فقیر چون نادرد  
نشف اشغال

in<sub>2</sub> TMR در مسنه هزینه نیست  
نادرد

$$R_{DWC} = R^2 \times R_{Comparable}$$

نیست تبریز  
جی بزر

$$R_{DWC} = R$$

دویچی A و R in<sub>1</sub> جزئی سعدی سعید  
لیست خواهد شد اما در اینجا ممکن است  
ED مسنه in<sub>2</sub> Safety نیست  
اگر نهایت  
نادرد Detect

in<sub>2</sub> Disagree نیست اول بازدید و نیم دوم بازدید

## ② stand by spare

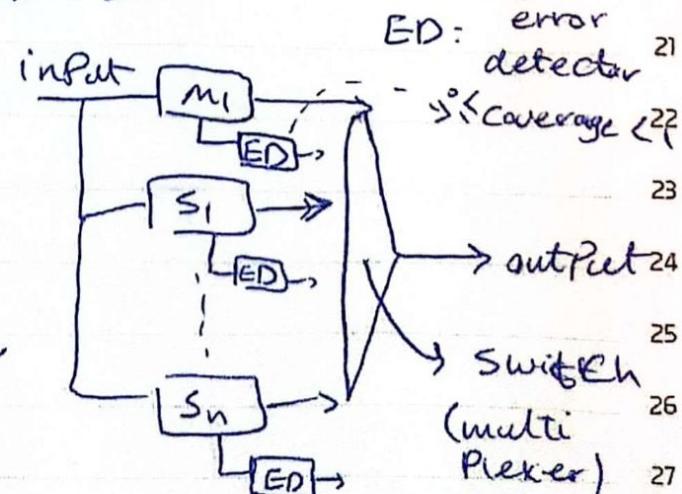
آماده باش

حامل باریک  
داشت پیش  
که اینکه اینکه Switch دارد  
که نیست تاسفت به حیات خود ادامه دهد

Elipon Re Configuration

برای اینکه بروز خروجی اگر نمود خطا بیاید

آنچه ممکن داشتم



در خدمت Reconfiguration برای خودکار کوتاهی سرویس down چیزی دارد که اینها که جزوی از سیستم است.

آن زمانی که وقوعی خواهد شد میتوان این را با استفاده از آنها آزمایش کرد تا این را از سیستم جدا کرده باشد.

Critical Components، این وقوعی کوتاه در در خدمت ایجاد نمیشود اما قابل تعلیم است.

$$R_{DWC} = R^2$$

↓  
Standby Spare

$$R_{\text{stand by Spare}} = R$$

DWC به Reliability در Stand by Spare میگیرد اما قادر است تراویحی داشته باشد این تراویحی برای ایجاد خروجی نیست بلکه تقریباً ...

برای رفع مشکل وقوعی کوتاه میتوان Spare پایه باید اصلی روش باشد و این باعث میشود وقوعی بازگشته ترشی ایجاد نماید (یخاطر

حدت (Switch) Cold (Stand by Spare) Warm

توضع بالا در برابر → به این حاله

که از بروز این میتوان

از خروجی اصلی خارج شود

برای رفع مشکل های hot و cold احتمالهای داریم (برای اینها بعد از اینها) خودش ایجاد میشوند

تفصیلی Delay، TMR، TMR، SPare

اما حلولی داریم (برای اینها بعد از اینها)

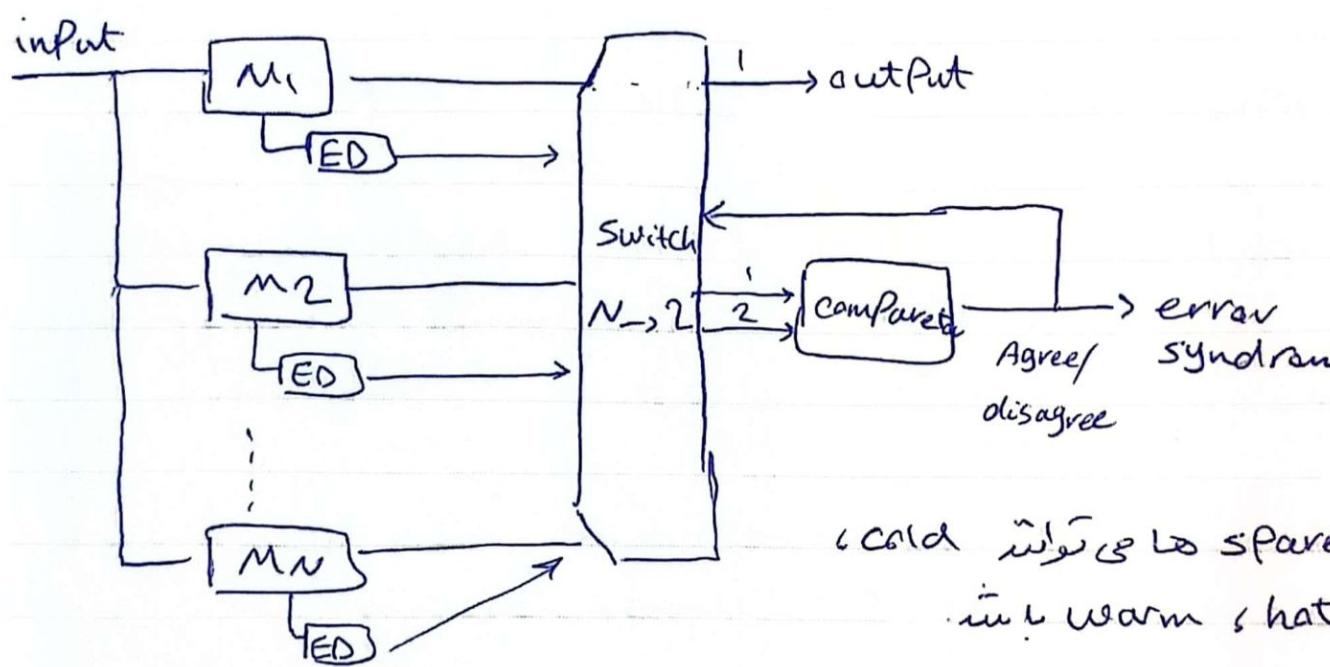
با توجهی برود (Warm, hot) که میتوان

دو نمای بخاری Stand by Spare ~ تا در DWC چون این برای error detection دارد

ترسیب ۲ حالت:

DWC + Stand by Spare =

### ③ Pair and a Spare



cold ہائی تولڈی spare  
in warm what

Switch را روشن کرده و ED کو مخفی عیّنہ  $M_2, M_1$  است

$M_2, M_1$  کو خروجی ٹیکرود سپیت  $M_1$  و ورودی های او

چون در error چون در خری بخی شو Compator

در است  $M_1$  را زارم اگر نتیجه Disagree Compars

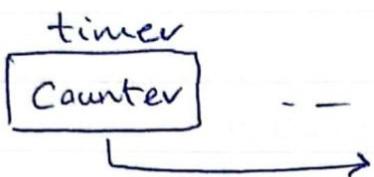
در خروجی ED کو ایسیم دو کدی error نہ داشت لا حذف

کرده و نیکی دیگر را اوارد سیتم می آینم

Stand by Spare ایست سپیت کر خواهد داد

چی شود

(4) Watch dog timer  
زمان نیمه ملاقات



چن خطا هی را در زمان  
Active inc detect  
کن

نیک از این  
سیستم بررسی خواهد  
برای Preset باره

watchdog یا زمانه های  
timer  
می خواهند نیاز به نامه در  
لوبی مهات افتاده باشند

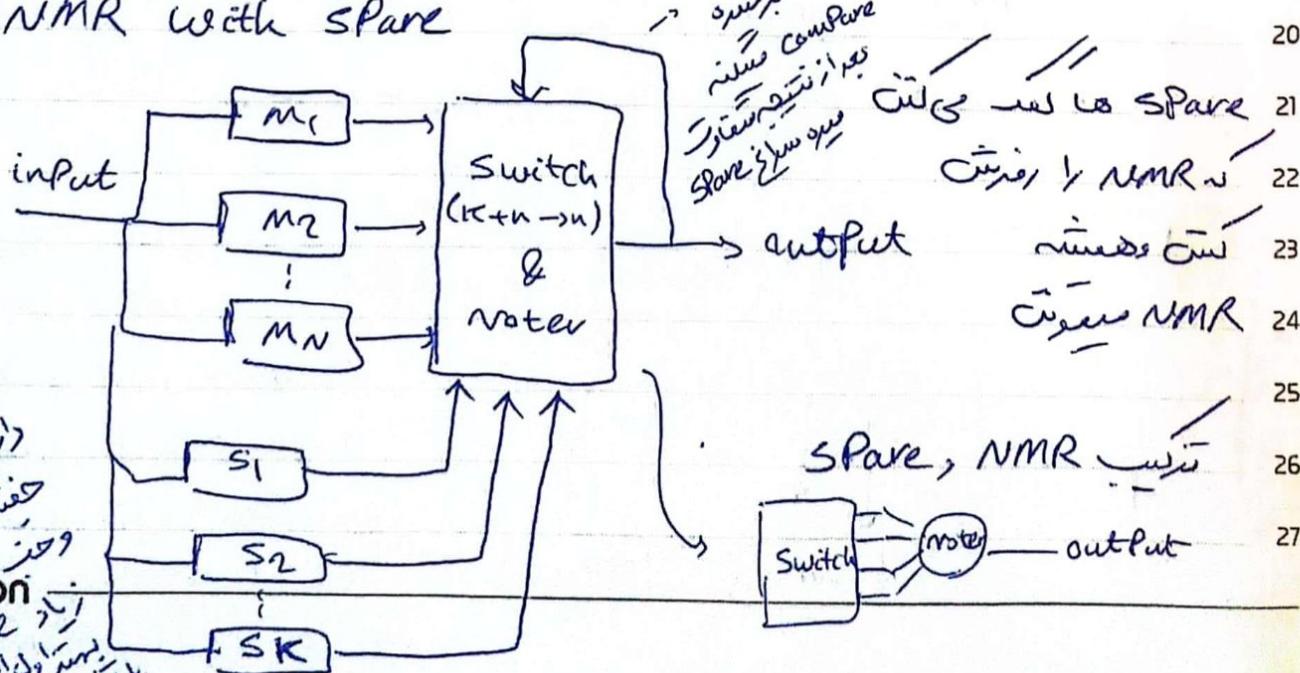
ب درد سیستمی  
جی فور  
real time  
نحوه درست ری در هر آن تعلق دارد

Redundancy Hybrid  $\xrightarrow{\text{Active+Passive}} \text{مذمت مذمت}$

- ① NMR with Spare
- ② Self Purging
- ③ Triple-Duplex System
- ④ Sift out

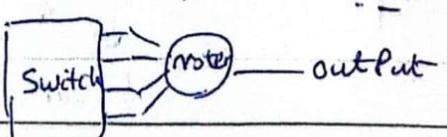
این روش می  
محاسبه می  
سوال انتها

① NMR with Spare



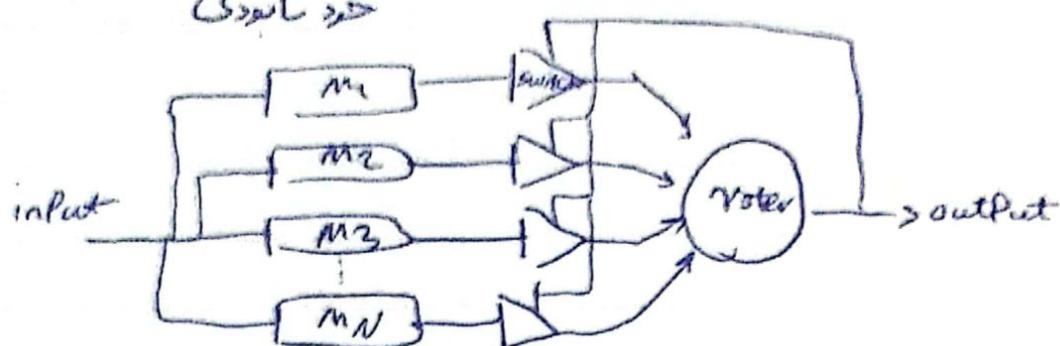
چهار اول  
Passive  
active  
دو چشم  
حشمت و معمولی  
و حسن  
Elipon  
 Passive  
برای داده

Spare, NMR



## ② self Purging

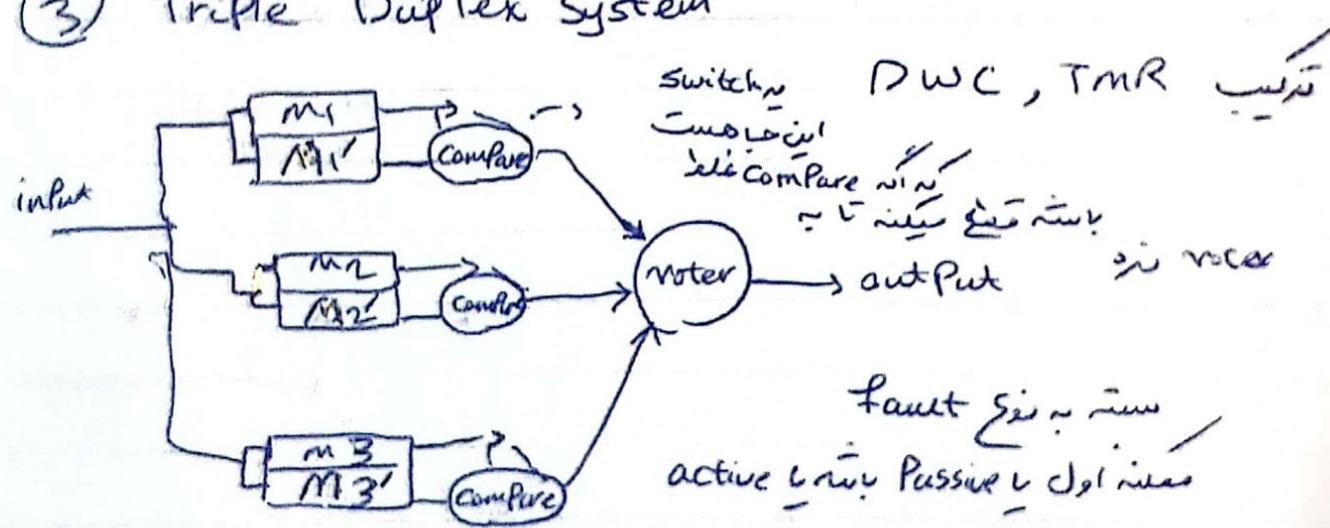
خود سایپری



Switch فی نی سین در صورتی که دو مدار با استفاده از Voter باشد  
سازوی خارجی از مدار خارجی نباشد

برترین سیستم TMR نام دارد که در این سیستم دو مدار با استفاده از Voter  
با هم مقایسه می‌شوند و مدار خارجی را بر اساس مقایسه می‌گیرند

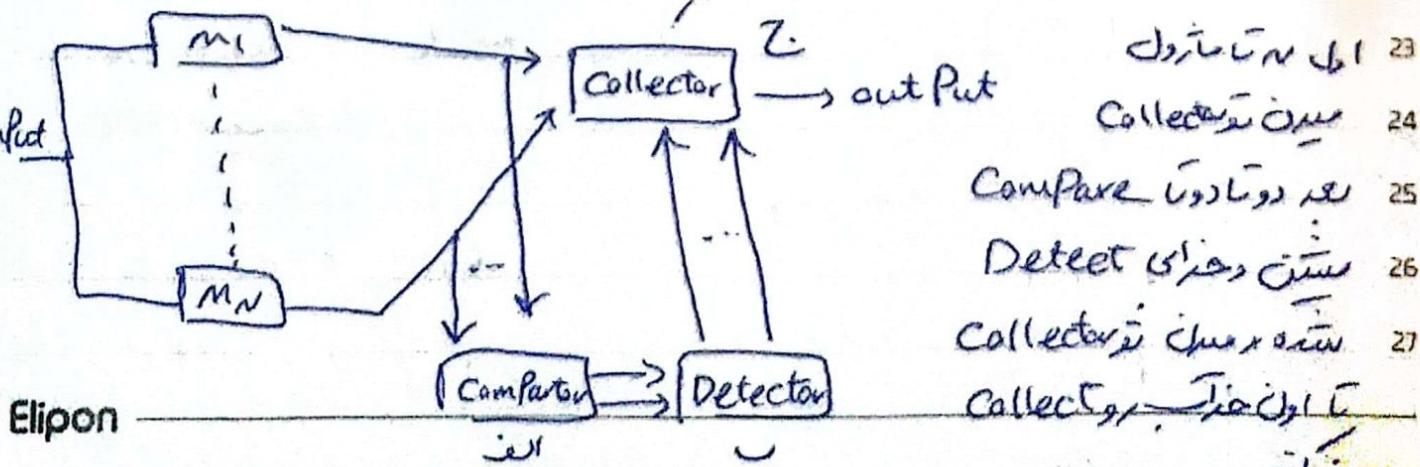
## ③ Triple Duplex System



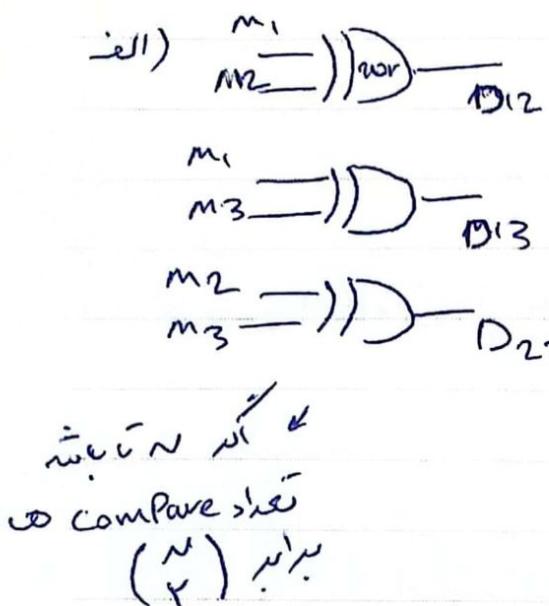
## ④ sift out

کنار گذاشتن

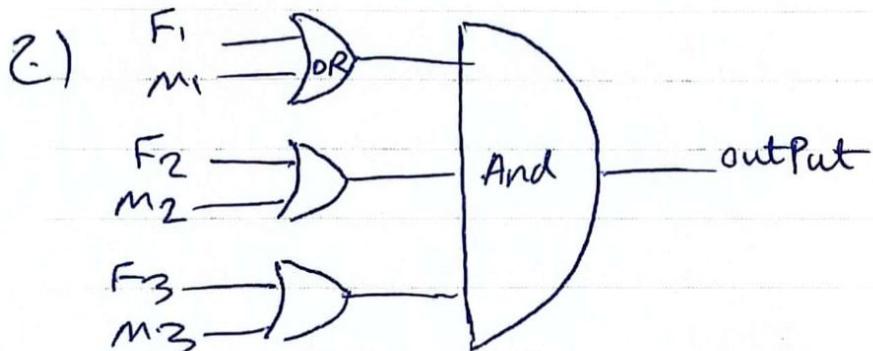
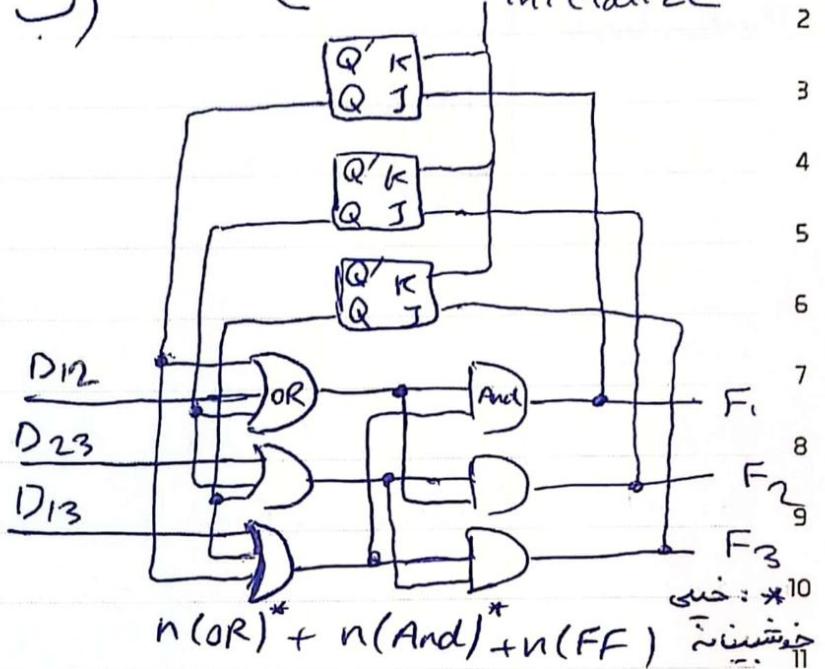
Fault masking



$N=3$

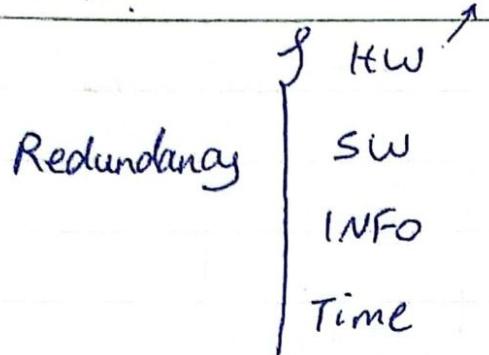


(ب)



$$n(\text{OR}) + 1(\text{And})^*$$

جایی که فرق FT (سین ترنین FT را درد)  
 جایی که Passive (هر جیهی، بول بولی همراه باشد)  
 active ← جایی که حنی همچشم است (عنیفری)



۶ افرزونی اطلاعاتی : (INFO)

۷ ارسال خواهد

۸ word / code word / Code / distance / Hamming Distance  
Separable / Non Separable

۹ word → اطلاعات حامم که قدره ذخیره سته است  
۱۰ دستگذبی

۱۱ Code word → اطلاعات که استه (افزونه سته)  
۱۲ ذخیره سازی (ترکیب Parity bit با خود احمد)

۱۳ Code (Protection Code) : راهی محافظتی : راهی افزونه در  
۱۴ سته حفظ محافظت از داره احمد

۱۵ Hamming Distance: داده word دو مختصین دو

$$w_1 = 101010 \quad \| 110 \\ w_2 = 101010 \quad \| 110 \rightarrow Hd = 1$$

۱۶ سته بینت بینت

۱۷ هر دو تراوژ اون محیط بر Hd حساب  
۱۸ نه متنی هست

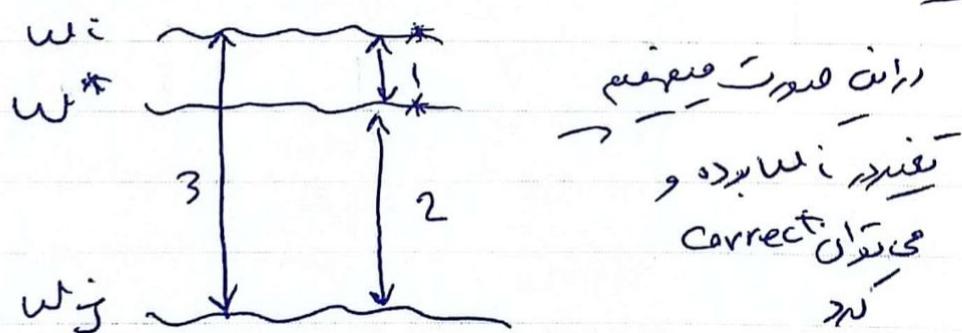
۱۹ Distance →  $D = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{Hd}(w_i, w_j) \\ \forall w_i, w_j \in \text{words} \end{array} \right\}$  distance

$$Hd = 4 \\ D = 1 \quad \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{0000}} \\ \xrightarrow{\text{0010}} \\ \xrightarrow{\text{0110}} \\ \xrightarrow{\text{1111}} \end{array}$$

۲۰ برای محیط بر تعریف می شود

کوڈ	بیتی	BCD
1		0000 } $Hd = 1$
2	1	
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		1001

\* بینین نفع اطلاعات از بینبره باشد چون با تغیر distance و word word می شود و در واقع دادا است که سیستم می شود (information lost) اگر اند بینبره باشد با تغیر word می شود و مجموع اضافه می شود و عایق چشم تغیر در این اما چون نقدانم بین word و  $w_i$  کام تغیر نده و لذا به وجود آیده اصلان Correction نداریم



تغیر دست قابل  
کشت برای تغیر  
بین

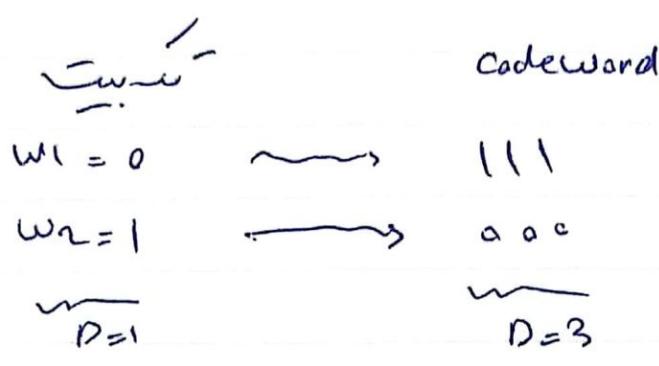
$$d < Hd$$

$Hd = \text{distance}$

تغیر دست قابل  
تغیر برای  
تغیر

$$2C + 1 \leq Hd$$

Separable  $\rightarrow$  قابل تجزیه و Code word هایی را که قابل تجزیه هستند و اینها را Separable word می‌نامیم. اما اینها را Non separable word نیز می‌نامیم.



Code word از چهار کاراکتر تشکیل شده است.  
Word که شامل چهار کاراکتر است.  
Non separable اینها را که قابل تجزیه نیستند.

~~Parity check~~

separable Parity

است چون هم

$D=1$

Parity سنت

که بزرگتر از دو بود

سنت حین بازدید

newer Code word

از Word اصلی

All bits zero

All bits one

~~Parity check~~

distance است برای که

افزونشی که در پایان Parity

$$\text{detection Coverage} = \frac{\# \text{detected faults}}{\# \text{total faults}}$$

Info Redn:

① Parity =  $\left\{ \begin{array}{l} \text{coverage} = 1\% \rightarrow \text{کاملاً} \\ = 0\% \rightarrow \text{نیافر} \\ \vdots \\ = 100\% \rightarrow \text{پوشیده} \\ = 50\% \rightarrow \text{نصف دار} \end{array} \right\} \rightarrow 0.5\% \text{ میانگین}$

کاملاً ایجاد کننده از overhead و Parity تیکی است

$$\hookrightarrow \text{Cost overhead} = \frac{1}{n}$$

$$\rightarrow \text{Parity} \quad \begin{array}{l} \text{cost} = \frac{1}{n} \\ \text{coverage} = 50\% \end{array} \quad \rightarrow \text{میانگین}$$

Register 

$$(i) \text{ Parity} \rightarrow R_{\text{register}} = \text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} t_0 \rightarrow t \\ t_0 = 0 \end{array} \right\}$$

$$\mu_{wt} = 0 \rightarrow \text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} \text{ست بودن} \\ 0 \rightarrow t \end{array} \right\}$$

$$\text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} \text{ست بودن} \\ 0 \rightarrow t \end{array} \right\} = R_b$$

$$\text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} \text{ست بودن} \\ 0 \rightarrow t \end{array} \right\} = 1 - R_b$$

$$P_{\text{all}} = \text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} u \\ u = 1, \dots, 8 \end{array} \right\} = R_b^8$$

Eilon

$$\text{Prob } P(u=1) = \binom{8}{1} R_b^1 (1-R_b)^7$$

$$P(u=2) = \binom{8}{2} R_b^2 (1-R_b)^{8-2}$$

1

2

3

$$P(u=8) = \binom{8}{8} (1-R_b)^8$$

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

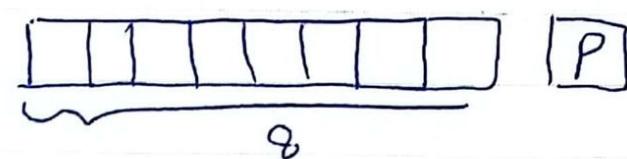
23

24

25

26

27



single bit fault is detectable

$$R_{\text{register}} = \text{Prob } \left. \begin{array}{l} \text{Fault occurs} \\ \rightarrow t \end{array} \right\}$$

$$= P(u=1) = R_b^8$$

~~Parity detection~~  $R_b^8$  ~~is used for~~

Parity ~~is used for~~

Safety ~~is used for~~

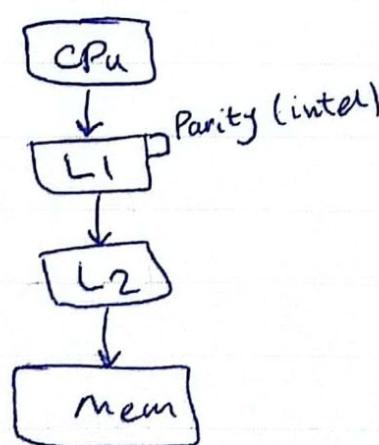
Parity ~~is used for~~  
fault detection ~~is used for~~

Correction ~~is used for~~

Repair ~~is used for~~ Reliability

in Recovery

Write through cache



Write through cache

new backup

new new new

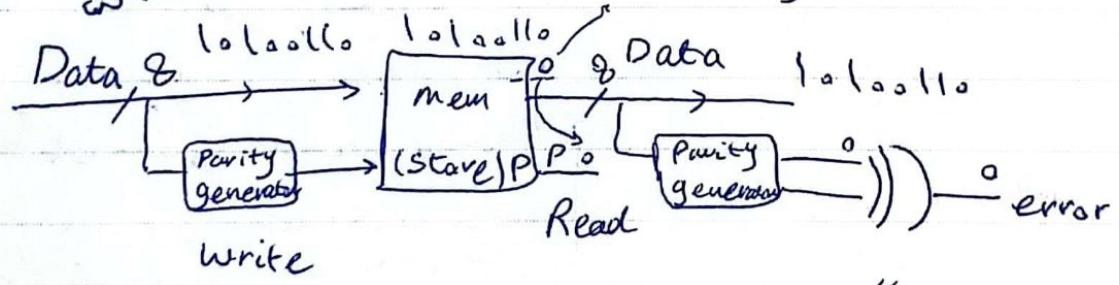
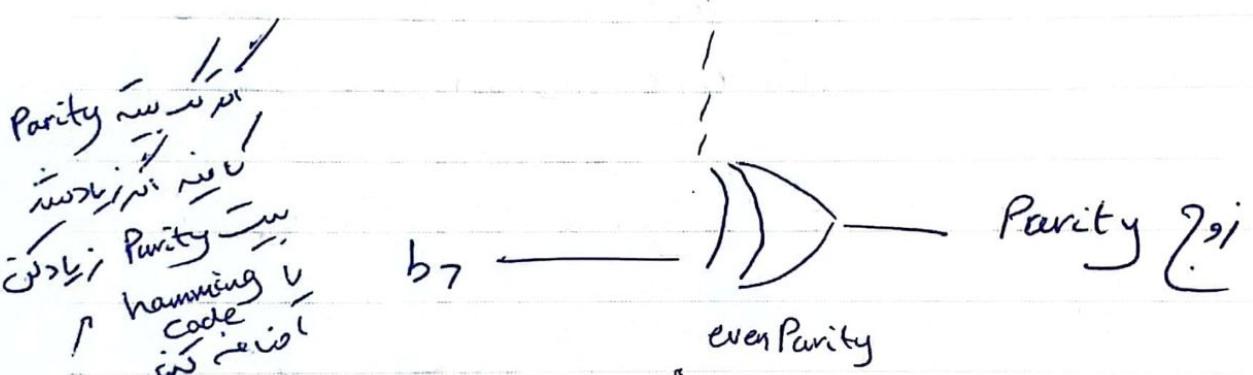
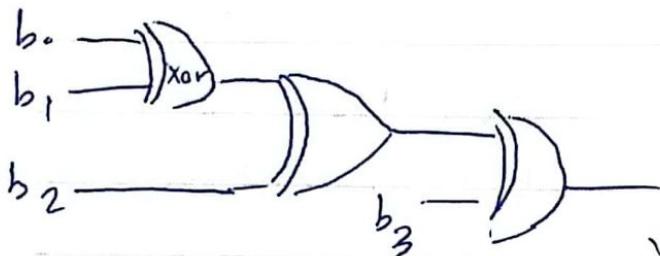
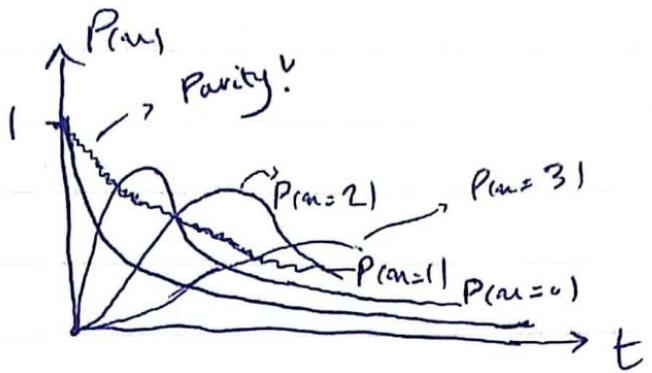
$$R_{\text{register}} = P(u=0) + P(u=1)$$

Elipon

$$= \binom{9}{?} R_b^9 + \binom{1}{?} (1-R_b) R_b^8$$

$$\text{failure rate, } R_b = e^{-\lambda t}$$

تعدادی از خطاها  
با مرور زمان  
 $t \rightarrow \infty$



اگر خطا در دسترس نباشد و خود را در حافظه های نمایش می شود  $\leftarrow$  STT

### Emerging Technologies for mem

Data Loss

- Read and Write high rate

MET/MBSU

multiple bit upset

- SEU / SET  $\rightarrow$  در خود تحریکی خواهد بود

single event Transient

intel

Elipon  
SRAM cell  
single event  
upset

single event  
Transient  
از سعی خود  
باید برخورد  
پسند نداشت

memory wall

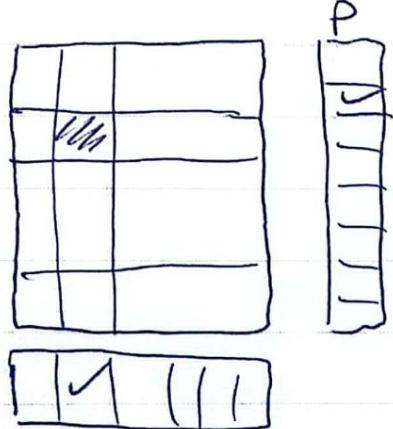
Power wall

Reliability wall

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

SDC → silent data corruption  
 ازینہ فتنہ دادہ اسے مانیزم کا کی  
 نامحسوس (غایم شدہ)  
 تھیں اور اسی وجہ سے SDC نہیں ہوتا۔

## ② Horizontal / Vertical Parity



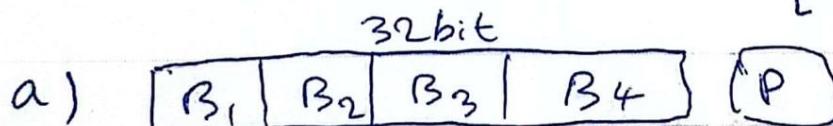
و Error Correction درجہ  
 اضافی سیکون 1-bit Correction

سیکون کی detect را سیکون  
 سنبھل بانہ رکھنے تکہ اسے  
 undetect کرنے کا

سیکون کی detect کیتے جاتے ہیں اسے Parity کہا جاتا ہے

① a) a) Parity Per word  
 b) Parity Per Byte  
 c) Interlace Parity  
 d) Overlapped Parity

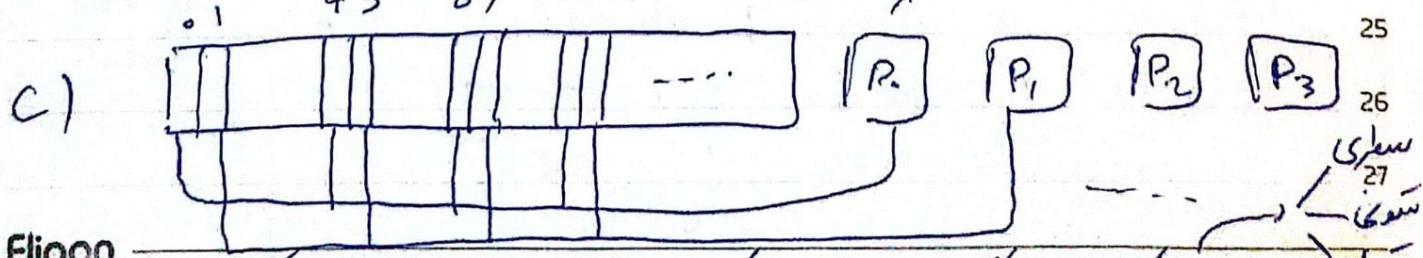
جیسا کہ  
 multiple error  
 single error  
 Hardend device  
 commercial off the  
 shelf device



اس پر  
 چھوٹے  
 کاروباری



کوئی parity گھر نہیں  
 لے کر اسے detect کرنا ممکن نہیں



کوئی parity گھر نہیں  
 لے کر اسے detect کرنا ممکن نہیں

Date: Fault

فائدہ کے ساتھ  
تصحیح خطای درج کر

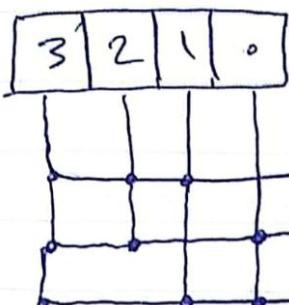
Subject:

1K rule

d)

Data

Parity



نیز جہاں اسکے اتنے

نیز

error symbols

P<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>0</sub>P<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, P<sub>0</sub>P<sub>1</sub>, P<sub>0</sub>D<sub>3</sub>\*D<sub>2</sub>\*D<sub>1</sub>\*D<sub>0</sub>\*P<sub>2</sub>\*P<sub>1</sub>\*P<sub>0</sub>\*

+ (.) - (.)

جبری بروزت نہیں

معنی از روی عالم سنت فرمود جیسا تھا

اسنادہ دیکھوں (معنی عالمہ بروزت

اسنادہ Correct تقدیر کو ہم دارد)

نکار عالم

ہی نہیں

معنی راست

$$= \binom{k}{1} + \binom{k}{2} + \dots + \binom{k}{k} \geq d+k$$

 $2^k - 1$ 

$$\rightarrow d+k \leq 2^k - 1$$

③

m-of-n کیلئے n; m نیمیں کوں

(مثال) نیشن پائی

000

001

010

011

100

101

110

111

m-of-n (3-of-6)

000|111

001|110

010|101

011|100

100|011

101|010

110|001

111|000

not able

خوب نہیں

Elipon

Distance = 1

Distance = 2

Separable set

Date: Fault

Subject: ۱۵ نویس

m-of-n (2-5)



00011

11000

10100

01100

10010

0101

00110

10001

پیچیدگی

$\rightarrow$  ScProbable

نیز

Distance = 2

separable m-of-n not

نیز

—

④ duplication  
separable

$\rightarrow$  این دو داده

[d<sub>4</sub> d<sub>3</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub>]

[d<sub>4</sub> d<sub>3</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub>]

$\rightarrow$  این دو

نیز بین داده ها

نیز نمایند

نیز نمایند

نیز  $D=2$  نمایند

detect نیز

نیز نمایند

نیز نمایند

⑤

Complemented duplication  
separable

نیز نمایند

نیز نمایند

← [Data] [Not]

$D=2$

⑥ swap & compare

نیز نمایند

$D \geq 2$

نیز نمایند

نیز نمایند

[Upper] [Lower] [Lower] [Upper]

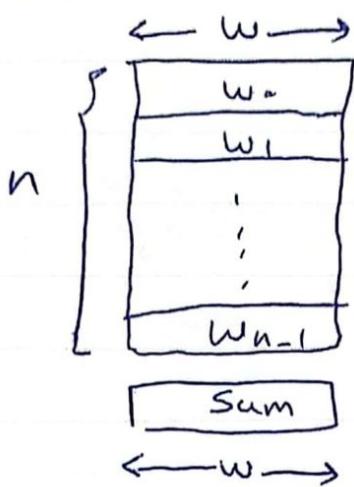
Elipon

Date: Fault  $a \ b \ c \ d$

Subject: 1<sup>st</sup> year

## ⑦ Checksum

Carry over



a) Single

Precision

$\leftarrow n \rightarrow$

Separable

Notes:  
1. This is a simple checksum.  
2. It requires  $n$  additions.  
3. It requires  $n$  additions.  
4. It requires  $n$  additions.  
5. It requires  $n$  additions.  
6. It requires  $n$  additions.  
7. It requires  $n$  additions.  
8. It requires  $n$  additions.  
9. It requires  $n$  additions.  
10. It requires  $n$  additions.  
11. It requires  $n$  additions.  
12. It requires  $n$  additions.  
13. It requires  $n$  additions.  
14. It requires  $n$  additions.  
15. It requires  $n$  additions.  
16. It requires  $n$  additions.  
17. It requires  $n$  additions.  
18. It requires  $n$  additions.  
19. It requires  $n$  additions.  
20. It requires  $n$  additions.  
21. It requires  $n$  additions.  
22. It requires  $n$  additions.  
23. It requires  $n$  additions.  
24. It requires  $n$  additions.  
25. It requires  $n$  additions.  
26. It requires  $n$  additions.  
27. It requires  $n$  additions.

b) double



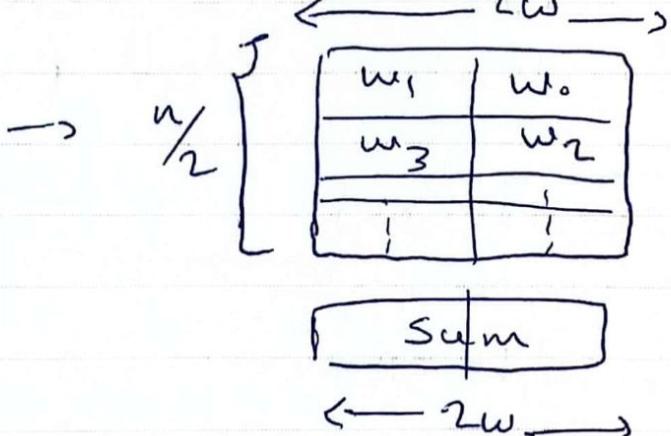
Precision  $\leftarrow n \rightarrow$

separable

c) Honeywell

Checksum

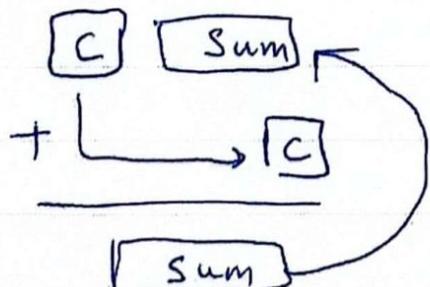
Separable



d) Residue

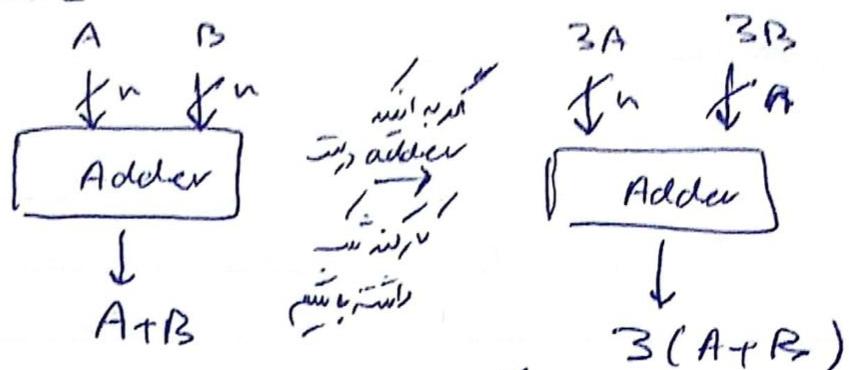
checksum

Separable



## (8) A N Code

$\Sigma_k^k$   
 $3N$  code  
 $5N$  code  
 Non  
 Separable

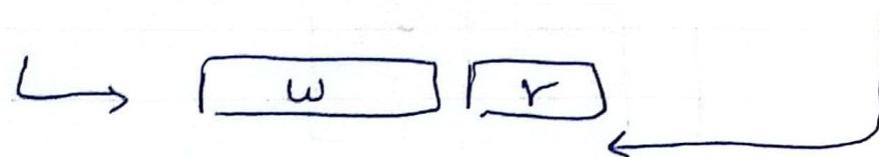


پرول فولت، جیسے ۳ نوں پیکنے کا درجہ

## (9) Residue Code

Separable

$$\boxed{w} = N \quad N = r$$



از همین است

برای  $m$  بجزی  
 برای  $r$  بجزی  
 دوست  
 Parity  $= w$   
 اول چیز

## (10) CRC

Cyclic Redundancy Code

نمایه خواسته

## (1) Non Separable :

$$\underline{d_0 d_1 d_2 d_3 d_4 d_5 d_6 d_7}$$

نمایه داشتیں ۱۰۰۰۱۱۱۰

$$\text{نمایه } d_0 + d_1 x + d_2 x^2 + \dots + d_{n-1} x^{n-1}$$

حتماً ای

$$\text{نمایه } D(x) = 1 + x^4 + x^5 + x^6 = \underset{\text{data}}{D(x)}$$

Ellipson

# Fault

Date:

given

جمع داده ها  
data sum

لکچه

Subject:

$$G(x) = 1 + x^3$$

$$x^3 + x^3 \text{ error}$$

$\frac{1}{x^3}$  جمع احتفاظی در درجه ۳  
carry sum at degree 3  
carry (sum) یعنی باقیمانده

Generator  
درایور

$$\text{Code word } V(x) = D(x) \cdot G(x)$$

$$V(x) = (1 + x^4 + x^5 + x^6) (1 + x^3)$$

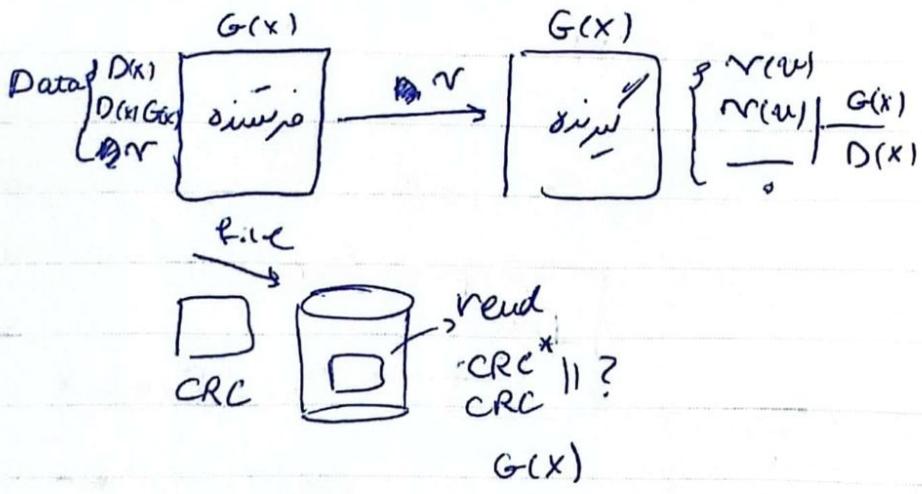
$$= 1 + x^4 + x^5 + x^6 + x^3 + x^7 + x^8 + x^9$$

$$\text{code word} \quad = 1 + x^3 + x^4 + x^5 + x^6 + x^7 + x^8 + x^9 + x^{10}$$

$$\rightarrow v = 100111110$$

$$\rightarrow \text{Code word } 11\overline{00111110}$$

این افرادوند در ۱۰۰۰۱۱۱۱۱۰ (چون داده اولین بیت بدده)



$$V(x) = 1 + x^3 + x^4 + x^5 + x^6 + x^7 + x^8 + x^9 \mid \frac{1+x^3}{1+x^3}$$

بررسی  
از پیش  
بلند  
مقدار

$$\begin{array}{r} x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1 \\ \hline x^9 + x^8 \\ \hline x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^3 + 1 \\ \hline x^6 + x^5 + x^4 + 1 \end{array}$$

$D(u)$

$$\begin{array}{r} x^8 + x^5 \\ \hline x^7 + x^4 + x^3 + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \hline x^7 + x^4 \end{array}$$

Elipon

آنچه مرکوز شد !

باقی مانده همان است

باقی مانده همان است

آنچه مرکوز شد !

حسنه خطا قابل تشخیص است؟ ① آن سه کیمی نادر عومن شوند

$$R(x) \neq 0$$

$G(x)$  از  $G(x)$  مترقبه است (باقیمانده)

~~نمایش~~

(که با ترتیب درجه  $x = 1$  باشد و)

حداست را ~~نمایش~~ نهاده عومن شوند  
قابل تشخیص است

شماره  $x^5$  مترقبه است

شود، باقیمانده  $x^2$

است و می‌توانم

Fault دارم



$$d_0 \ d_1 \ d_2 \ \dots \ d_{n-1}$$

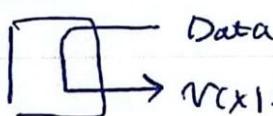
clock

مدار تغییری

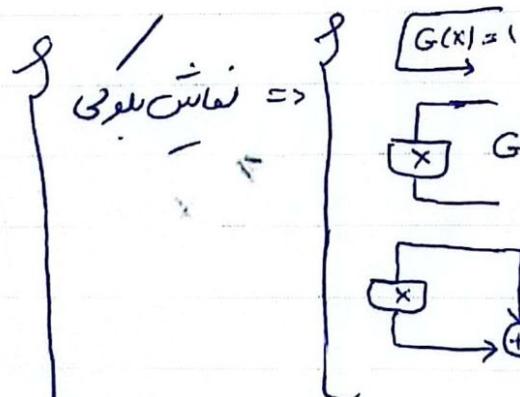
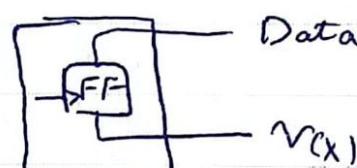
$$\Rightarrow \text{نمایش } V(x)$$

با فرض اینه (اده حدم  
مکمل سیبل ارسال  
می‌شود

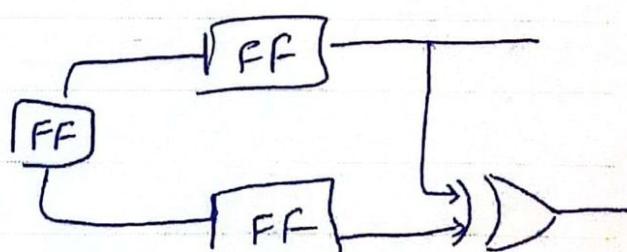
$$G(x) = 1$$



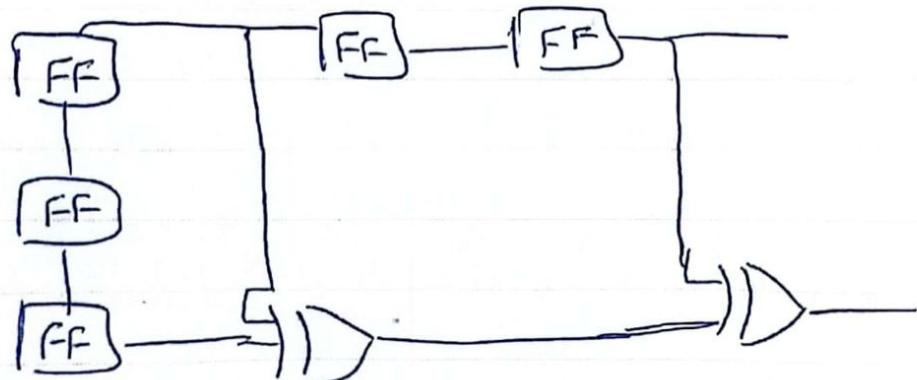
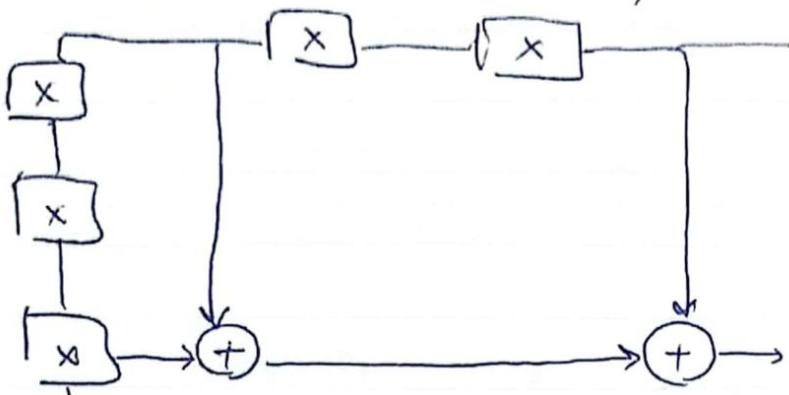
$$G(x) = x$$



نمایش سخت  
افزاری



$$\xrightarrow{\text{D}} G(x) = \frac{1 + x^2 + x^5}{x^2(1+x^3)}$$



$$D = \frac{x^n + \dots}{x^{n-1} + \dots}$$

$$G = \frac{x^k + \dots}{x^{n+k-2} + \dots}$$

$$V(x) = \frac{1}{x^{n+k-1}}$$

برای  $G(x)$  تقسیم یافته باشد و میتوان حیزی را در آن ماتلو برداشت به درد نهی خورد آجيوں نتیجه چند است مقادیر شفعت داده میشود

(2) CRC حسابی

$$\text{Data} = 10010111$$

$$1 + x^3 + x^5 + x^6 + x^7$$

$$G(x) = 1 + x^2 + x^3$$

 $K \rightarrow$  حجم

$$\Rightarrow 1) \frac{D(x) \cdot x^K}{G(x)} = R(x) \rightarrow \text{رسالة}$$

$$2) V(x) = D(x) \cdot x^K + R(x)$$

Codeword

$$R(x) = \frac{x^3 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{10}}{1 + x^2 + x^3}$$

$$\begin{array}{r} x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^3 \\ x^9 + x^7 + x^5 \\ \hline x^8 + x^7 + x^3 \\ x^8 + x^7 + x^5 \\ \hline x^6 + x^5 + x^3 \\ x^6 + x^5 + x^3 \\ \hline \end{array} \left| \begin{array}{r} x^3 + x^2 + 1 \\ \hline x^7 + x^5 + x^3 \end{array} \right.$$

$$R(x) \xrightarrow{\quad} R(x)$$

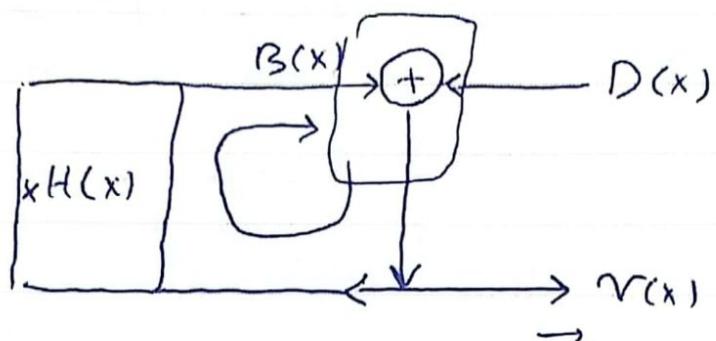
رسالة  $R(x)$ حیناً  $R(x)$  حبیت

درست کنم

$$\rightarrow V(x) = x^8 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{10}$$

$$\begin{array}{c} \text{Codeword} = 00010010111 \\ \hline \text{code}, \quad \text{Data} \end{array}$$

\* حدايدر و جهايز از تقرير است خطا بعدن FT



$$N(x) = B(x) + D(x)$$

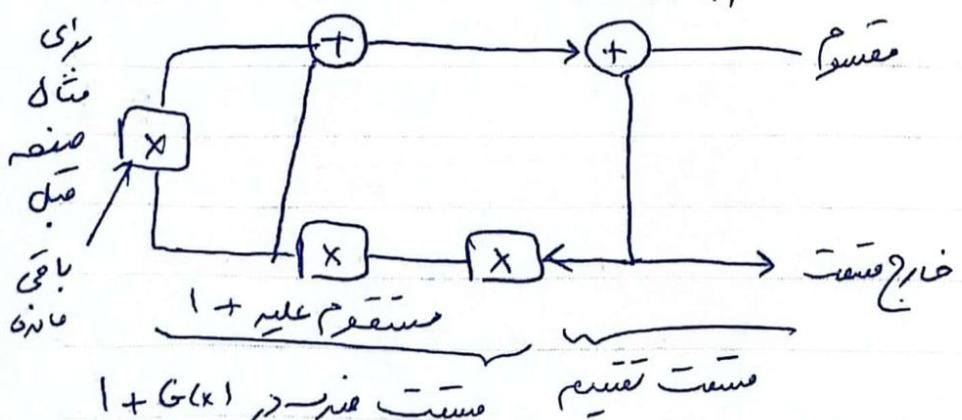
$$B(x) = N(x) \cdot H(x)$$

$$\rightarrow N(x) = N(x) \cdot H(x) + D(x)$$

$$N(x) \cdot H(x) + N(x) = D(x)$$

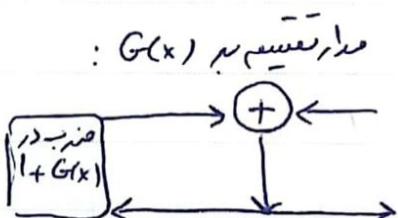
$$N(x)(1 + H(x)) = D(x)$$

$$\rightarrow N(x) = \frac{D(x)}{1 + H(x)}$$

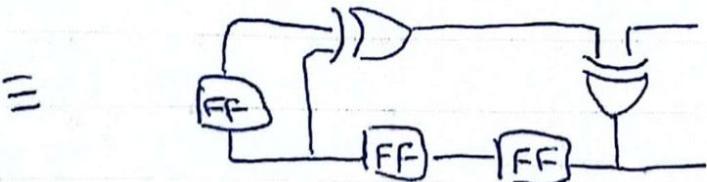


$$1 + G(x) = 1 + 1 + x^2 + x^3$$

$$= x^2 + x^3 = x^2(1 + x)$$



مقدار  
مشخصه  
متغير  
باقي  
منتهي

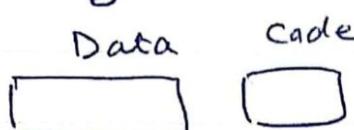


خروجي

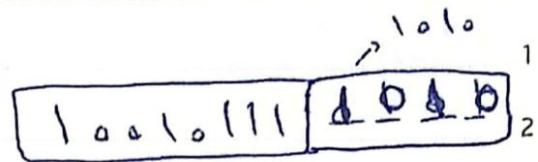
هاستل FF  
منتهي  
جي فرنده اين:

خريجي  
مشخصه  
متغير  
باقي  
منتهي  
Eilon  
منتهي

## (11) Burger Code



دست



جمع اعداد دخل داده

کم نت نباید

$$\text{دست} = \log_2^n + 1$$

$$\rightarrow \text{جمع} = 5 = 101$$

$$\text{not} \rightarrow 010$$

## (12) inverse residue Code

 $r \rightarrow \text{residue}$ , $\bar{r} \rightarrow \text{inverse}$ ,

محاسبه این روش اول باشند در واقع سنت بهم باشند اول باشند

## (13) RNS

Residue Number System

سیستم عدی متمم بر باقیمانده

Prime

[2 3 5] 7

کافیست برای

دردن باز اضافه FT

اعداد پریمی Prime باشیم

سیستم کد رزیدنسی Code میگیرد

$$A \equiv \sum_i P_i$$

درست

[0 0 0] 000

$$\begin{array}{r} A \\ B \\ \hline A+B \end{array}$$

[1 0 0] 001

[0 1 0] 010

[1 0 0] 011

[0 1 0] 100

[1 0 0] 101

[0 1 0] 110

[0 0 1] 000

Elipon

اقدامات پیدا کرد هد

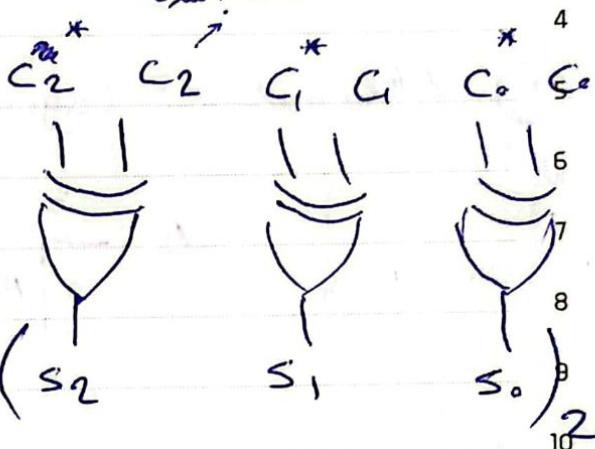
(14) Hamming Code  $n + k + 1 \leq 2^k$

$(d_3 \ d_2 \ d_1 \ d_0) \ (C_2 \ C_1 \ C_0)$

$$C_2 = d_2 \oplus d_4 \oplus d_8$$

$$C_1 = d_3 \oplus d_2 \oplus d_4$$

$$C_0 = d_3 \oplus d_2 \oplus d_1$$



ستاره بسته همی دار (باشی)

7	6	5	4	3	2	1	←	شروعی
$d_3$	$d_0$	$d_1$	$C_0$	$d_2$	$C_1$	$C_2$		

نحوی خطا دارد و این خطا هم حاوی اطلاعات خطای ایجاد شده است

### Time Redundancy

از زمان برای FT  
هزینه سود  
هزینه شود

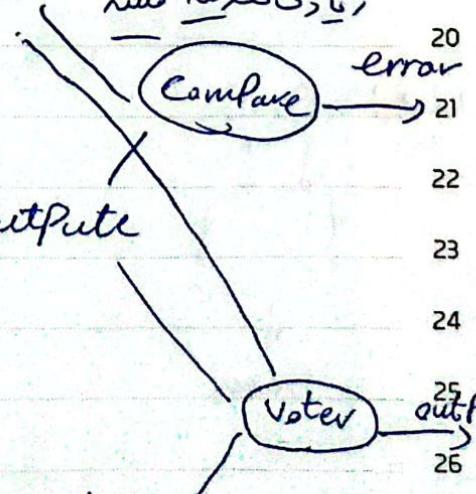
I to input  $\rightarrow$  Compare  $\rightarrow$  output

زمان  
هزینه  
نیاز  
نیاز  
نیاز  
نیاز  
نیاز

II to +  $\Delta$  input  $\rightarrow$  Compare  $\rightarrow$  output

زمان  
هزینه  
نیاز  
نیاز  
نیاز  
نیاز  
نیاز

III  $t_0 + 2\Delta$  input  $\rightarrow$  Compare  $\rightarrow$  output



Elipon

وقتی خروجی متناسب با سرعت ایجاد آنست (باید این خود را transient

(14) Hamming Code  $n + k + 1 \leq 2^k$   
 محدود است (اگر)  $n + k + 1 \leq 2^k$

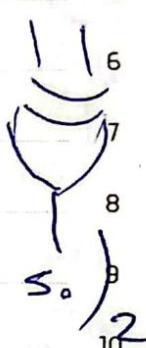
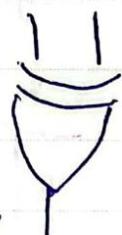
$(d_3 \ d_2 \ d_1 \ d_0) \ (c_2 \ c_1 \ c_0)$

$$c_2 = d_2 \oplus d_1 \oplus d_0$$

$$c_1 = d_3 \oplus d_2 \oplus d_0$$

$$c_0 = d_3 \oplus d_2 \oplus d_1$$

محاسبه شده  
 $c_2^* \ c_2 \ c_1^* \ c_1 \ c_0 \ c_0$



ستایوس هفته در (باینری)  $\Rightarrow (s_2 \ s_1 \ s_0)$

7	6	5	4	3	2	1
$d_3$	$d_0$	$d_1$	$c_0$	$d_2$	$c_1$	$c_2$

نحوه fault در داده و این بجای هم حبوی error لئے info از تردیدی

### Time Redundancy

از عال برای این FT هزینه هزینه حذف  
 هزینه شود افتخاری نیست

I to input  $\rightarrow$  Compare  $\rightarrow$  output

Realtime

خطی بررسی عال

خطی هزینه

error

Compare

error

II to +  $\Delta$  input  $\rightarrow$  Compare  $\rightarrow$  output

Voter

output

III  $t_0 + 2\Delta$  input  $\rightarrow$  Compare  $\rightarrow$  output

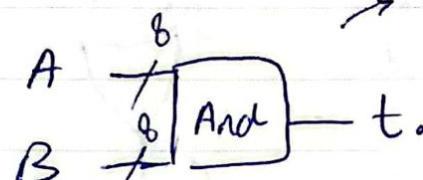
Elipon

بهترین روش می باشد که نتیجه خروجی می باشد (نیز آنکه می خورد) transient

مناسب برای اسنال دستی (پردازش)  
مناسب برای اسنال دستی (پردازش)

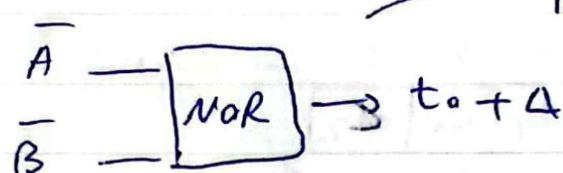
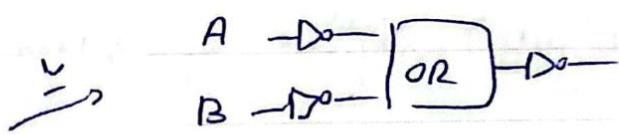
## 1) Alternative logic

(الف)



new overhead

درا

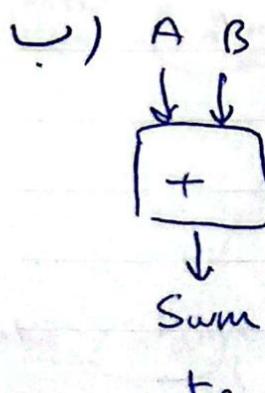


$t_0$  input  $\rightarrow$  Compute  $\rightarrow$  outPut

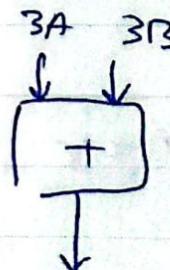
Δ {

new overhead due to computation

$t_0 + \Delta$  input  $\rightarrow$  Encode  $\rightarrow$  Compute\*  $\rightarrow$  Decode  $\rightarrow$  outPut



new overhead due to computation

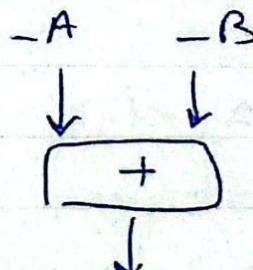


$$S = A + B$$

$$t_0 + 4$$

↓ Decade

1/3



$$S = -(A + B)$$

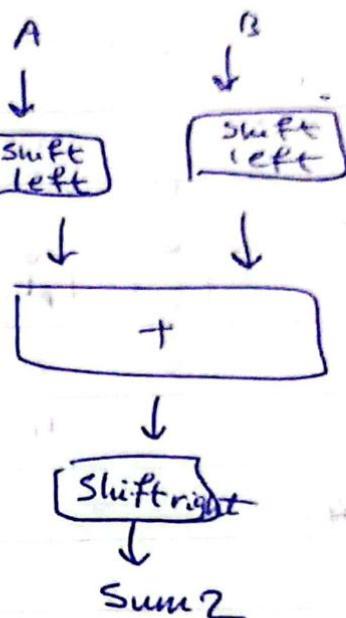
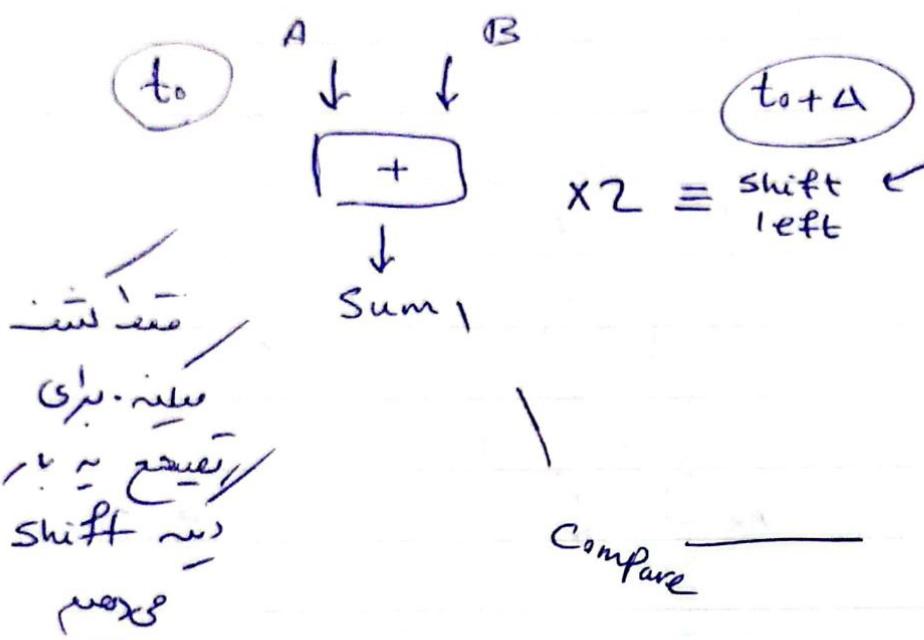
$$t_0 + 2\Delta$$

↓ Decade

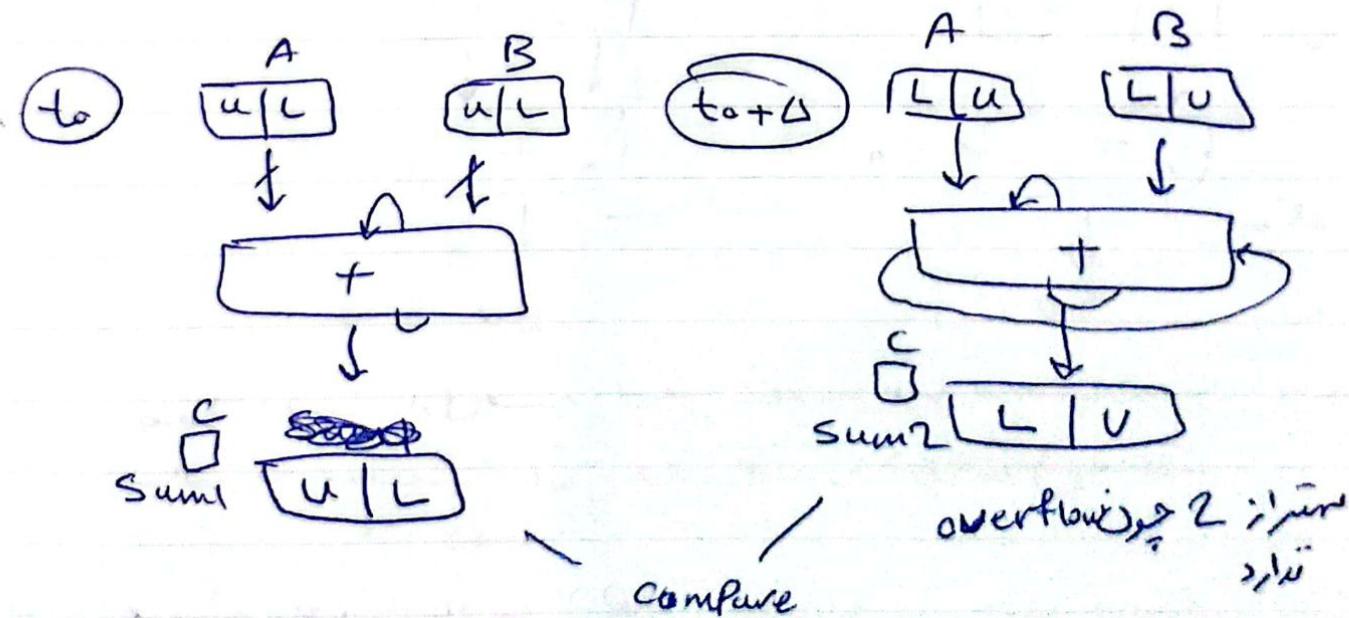
NOT

$\rightarrow$  If one operand is zero, then answer is zero.

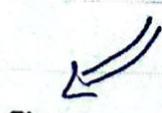
## ② Recomputation with shifted operands (RE<sub>shift</sub>)

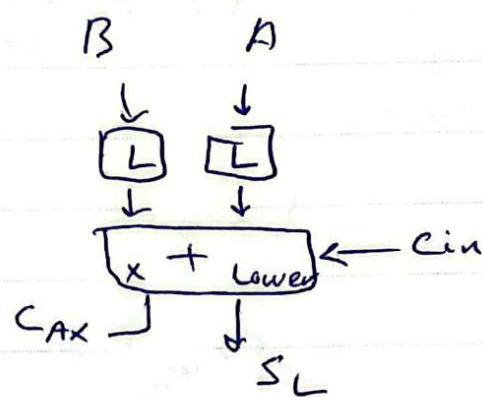
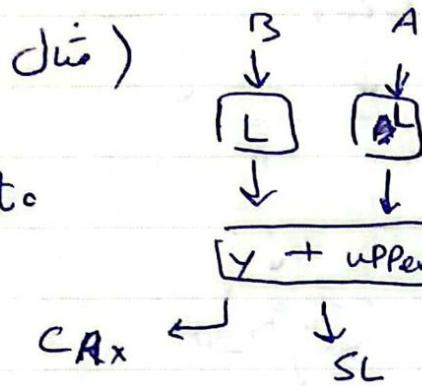
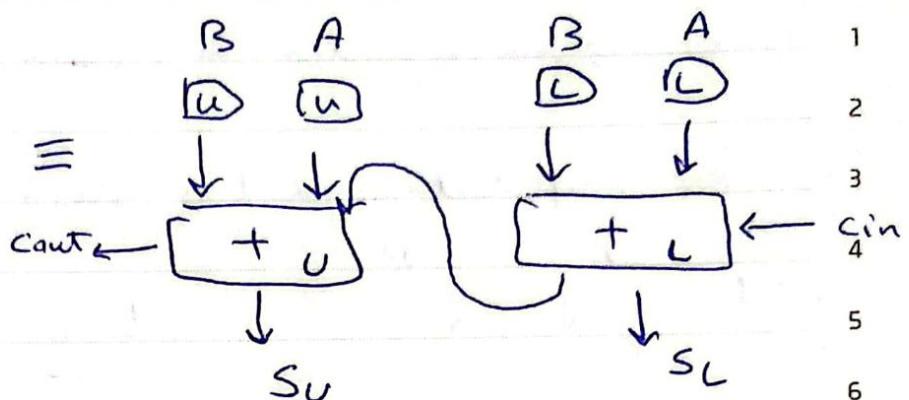
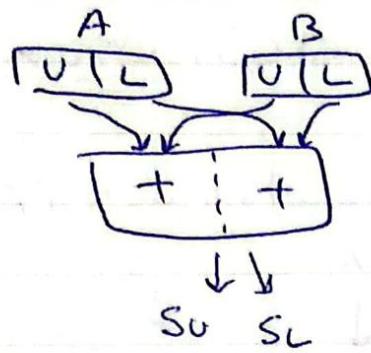


## ③ Recomputation with swapped operands (REswop)



## ④ Recomputation with Duplication with Comparison (REDwC)

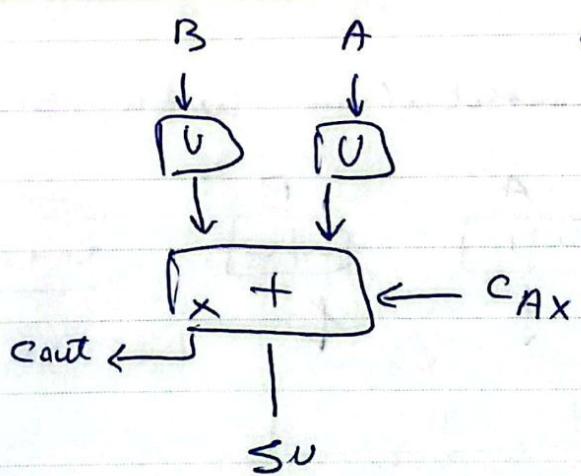
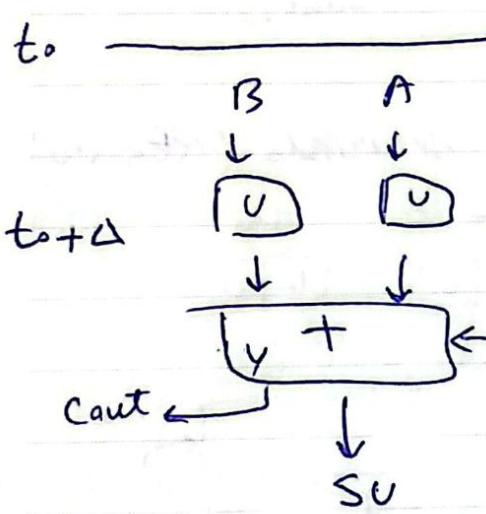




راشیج نهفته  
ناتای خروجی سده دلی

قابل است مقادیر

برای این



دھون نہفته اول مسٹر فہیہ نہفته دیکھ درست است یا نہ نہیں  
بے اجری حست پاسنی درخواست وجود اشغال است

\* مسٹر ماحصل را زیدہ کرو (TMR) یا (دھون) یعنی بجای سیستم بھر جسٹ  
و تار، بھر جسٹ پسلوٹم، اینپوری ۳ مرحلہ مسٹر

مسٹر درست های سیسپ رو با Time قاطی کرو

ڈھن

$D_{to}$

$D_{t_i}$

Parity بزرگی سیسپ

Elipon

Parity (TP)

$t_i$

مشکل پرتوسیا و SDC را فوجی کر

هر کجا زمان زیاد است time hardware  $\Rightarrow$  بروز خطا  
 سیستم ملائمه نشاند info  $\Rightarrow$  سیستم خود را  $\Leftrightarrow$  Critical

برای این امر این اجراء را بروز خطا می‌گیرند  
 time  $\Rightarrow$  info  $\Rightarrow$  time  $\Rightarrow$  time

بازرسی : representation

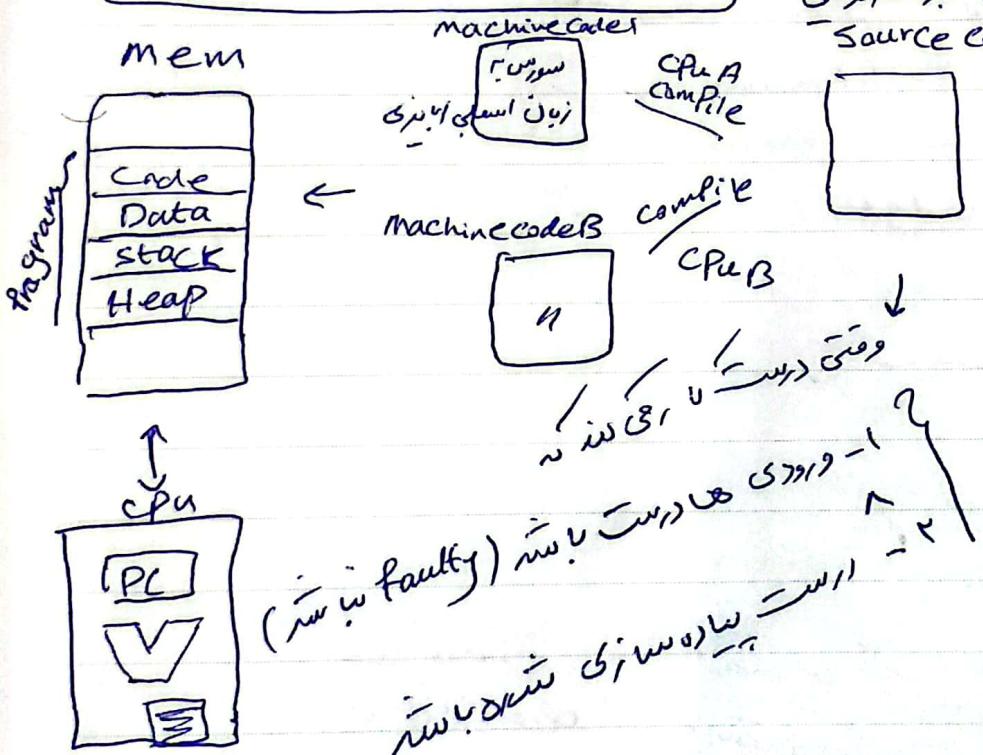
target  
 با توجه به ساختار  
 بازرسی محدود شده است  
 برای زبان برنامه‌نویسی

- ① الگوریتم
- ② دسترسی
- ③ استراتژی

سازمانی الگوریتم

Algorithm

## Software Redundancy



الف) دیدگاه اول

سیستم از پایه سازی همه ایجاد شده است

جزئی به اسم SW وجود ندارد  $\Rightarrow$

new config

ب) دیدگاه دوم  $\Rightarrow$  معنی خالی درج

معنی خالی در بین این دو حقیقت است  $\Rightarrow$  SW = HW

بنابراین هدایت شده در حال عمل درون است

۱) Consistency Check چیز سازگاری (ست وروپا)

(برنامہ های خود برخی مانع ها صل از استفاده نیست) ۲

داده های ورودی به آن را چنونی استفاده از آن نمی شود ۳

(آن باید درست از آن استفاده نمی شود یا خوب) ۴

(الف)  $\sqrt{n} \Rightarrow n > 0$  if  $n > 0$  then  $\sqrt{n}$  ۵

(ب)  $\frac{a}{b} \Rightarrow b \neq 0$  if  $b \neq 0$  then  $a/b$  ۶

۲) national\_code = ساختار این کد ۷

رممی infoRedundancy مسند



۳) barcode



۴) opcode بخش دستور

العملیات

۵)  $k =$  از همه این  $2^k$  هایی که نداشتند

$2^k >$  دستور العمل داشتند  $\rightarrow$   $opcode$  به عنی از  $k$  استفاده نمی شوند

۶)  $2^k =$  نعمتی  $= 101110$  هادر طرایی بردن  $k=5$

و نداشتند هایی که داشتند  $opcode$  معبراست را باز

۷) سخت ترین نوع Fault را کیوں هندل کرد، ایسے Fault

## ② Capability Checks قدراتیتیت (function توان)

~~آیا بررسی کنندگان باید (عده‌سازی) خود را انجام دهند؟~~  
استفاده می‌شود از آن

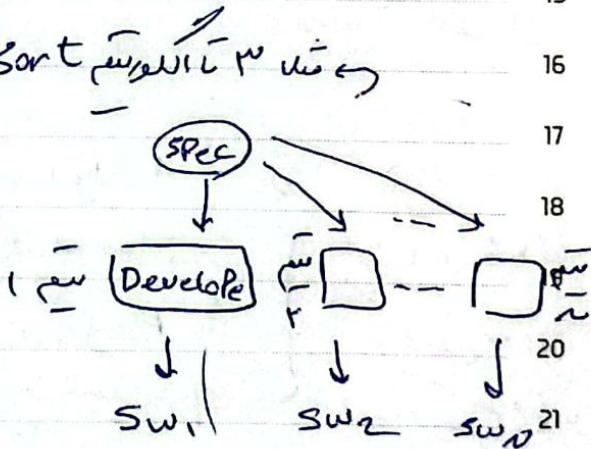
لرست و خواندن از حافظه قبل شروع آسفاو (الف)

صرف هبّت اطمینان از درستی معینوایان

(ب) ست رفتن ایجاد از Client و لحاظی سیستم ساده Server برای اطمینان از درست

(ج) Test mode با روشن ADC device driver SW از طریق

## ③ N-Version Programming برای نسخه نویسی N



: خردی به دلیل شرطیت Common Cause failure

(شکل خاطر خردی از

شرایطی های نیسان)

برای اینهاین فضای محدود Common down فرمیم و همین های برنامه نویسی را محدود نماییم

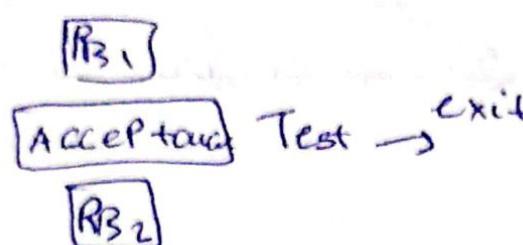
جی نیز

Elipon

لیست: هنرمندی / بسیار سیم اولی /

اعجام شده ماتریس و تا خنده زیاده

#### (4) Recovery block $\rightarrow$ بازگشایی



هزاره سازی باعث ایجاد خطا نمی‌شود  
ناتوانی را که خطا را در خروجی می‌داند  
و کل طبقه اینها معلمات است  
قابل قبول خوبی و قدرت Acceptance  
نمایش باعث نموده، اما همچنان باعث  
از زیانی شود Overhead

softwarه بهینه ترین روش Realtime software قابل تغییر است

Dependability Evaluation  
از رای اسپرینگری

قابلیت اطمینان

1) Quantitative  
آندازه‌گیری

2) Qualitative  
امان سنجندی

A → B → C → D  
و سنجندی

1 Analytical ریاضی فرمول

2 Simulation / Experiment شبیه‌سازی / آزمایش

3 Physical سمع عتیر کنی عنی از رایی

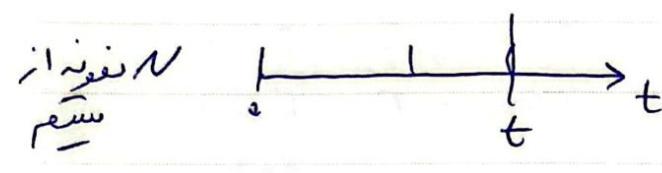
قیستگرد

بالا فاصله میان پیاده سازی متشه نتایج دست‌بینارد

نتایج حنی رفعه

تفنون زیادی خواهد داشت هر کدام می‌تواند

امان خطا محاسباتی

Reliability  $R(t)$ 

$$R(t) = \text{Prob} \{ 0 \rightarrow t \} = \frac{N_0(t)}{N}$$

$$\xrightarrow{\text{نحوه ای}} R(t) = 0, \lambda$$

تعداد خطاها تعداد سالم ها  
متغیر صفتی  
 $N = N_0(t) + N_f(t)$

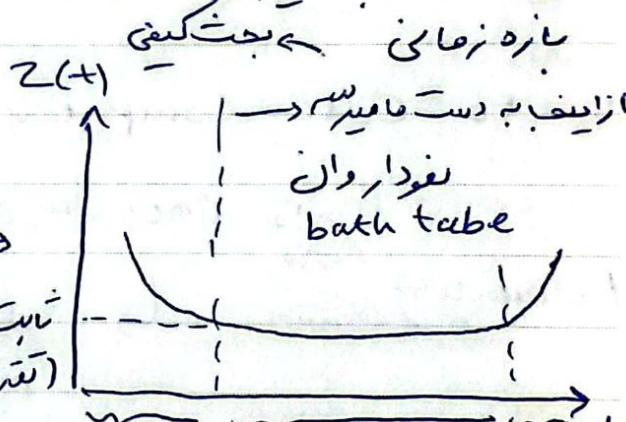
مختصاتی در حداچینی  
نحوه ای

$$\xrightarrow{\text{نحوه ای}} \frac{N}{N} = \frac{N - N_f}{N} = 1 - \frac{N_f}{N}$$

Failure rate : میزان خطای سیم با اقتراوه (device)

$$\lambda(t) = \frac{dN_f(t)}{dt}$$

hazard function  
تابع خطر



ایسری زودرس یعنی Aging \*  
دویان طول عمر دوران نیز زاری (ناپس)  
فرسودگی خیزی / نابردگی سنه  
زیاد تر تحریف شده است  
برای دویان دوران مفتخر شدن  
infant mortality

$$\lambda(t) \approx \lambda \rightarrow \frac{dN_f}{dt} = \lambda N_0$$

$$\xrightarrow{2} \frac{dN_f}{N_0} = \lambda dt \rightarrow \frac{dN_f}{N} = -\frac{dR}{N} = \lambda dt$$

$$\xrightarrow{1} \frac{dR}{dt} = -\frac{dN_f}{N}$$

$$\Rightarrow -\frac{dR}{R} = \lambda dt$$

$$\rightarrow \int \frac{dR}{R} = -\lambda dt$$

$$\ln R = -\lambda \int_0^t dt \rightarrow \ln R = -\lambda t$$

$$\Rightarrow R(t) = e^{-\lambda t}$$

واحد  $\lambda$  باید عس واحد + باشد  $R(t)$  بدون واحد  
باشد

وقت ملائم  
تعاونی بزرگ  
شایعه ملئی

$$\Rightarrow \frac{dNf}{dt} = N_0(t) \cdot \lambda \rightarrow \text{نف نمودار وان}$$

سرعت خرابی = عرضات  $\times$  تعداد سالم ها  
شدن

هرچه تعداد سالم ها زیاد باشد سرعت خرابی با درست و همراه  
تعداد سالم ها کم تر باشد، سرعت خرابی بایست درست

معلوک ۹/۲ میزان خسته؟  
نمکون ۶ بودن مصیب  
نمکون ۱۰ نامعلوم

How to Calc Computer failure rate?

(MLT-HDBK 217)

سازه مصیبی درست خسته

Reliability  $\rightarrow$  فروع فروع سایه  $\lambda = \pi_L \pi_T Q(C_1 \pi_T + C_2 \pi_E) \pi_P$

$\pi_T$  بردی  $\left\{ \begin{array}{l} 0.1 e^{-0.121} \\ 0.1 e \left( \frac{1}{T+273} - \frac{1}{289} \right) \end{array} \right.$  مدارات خنثی  $\downarrow$  ساخت میکروالکتری  $\downarrow$  تعداد پیوی درست  $\downarrow$  ۱۷-۱۸

برداشت  $\left\{ \begin{array}{l} 0.1 e^{-4799} \\ 0.1 e \left( \frac{1}{T+273} - \frac{1}{289} \right) \end{array} \right.$  مدارات bipolar  $\downarrow$  ۱۹ < ۲۵  $\left\{ \begin{array}{l} 1/120 \\ 1/2164 \end{array} \right.$

$C_1 = 0.187 e^{0.100471} \times Ng$   $\downarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 16 \\ 150 \end{array} \right. \begin{array}{l} A \\ B \\ C \\ D \end{array}$

$C_2 = 0.13 e^{0.100423} \times Ng$   $\downarrow$  بینه

دام

$$N_g < 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 = 0,00129 \quad N_g^{-0.1677} \\ C_2 = 0,00389 \quad N_g^{-0.1547} \end{array} \right.$$

ـ مدار  
خطی

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = 0,0056 \quad N_t^{-0.1763} \\ C_2 = 0,0026 \quad N_t^{-0.1547} \end{array} \right.$$

$$R_{oM} \quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 = 0,00114 \quad R^{-0.1603} \\ C_2 = 0,00032 \quad R^{-0.1646} \end{array} \right.$$

$$R_{aM} \quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 = 0,00199 \quad R^{-0.1603} \\ C_2 = 0,00056 \quad R^{-0.1644} \end{array} \right.$$

سرور  
 $\lambda \approx 10^{-9}$   
Failure/h

شکل: بزرگی سطح تراسته  $\lambda$  با نسبت (رسنی)  $\frac{\tau_E}{\tau_Q}$   
 $\cdot \quad \tau_{EQ} = 16^{-1}, \quad \tau_L = 1,0 \quad ) \quad \lambda$  است.  
 $( \tau_E = 0,12, \quad \tau_L = 0,35$

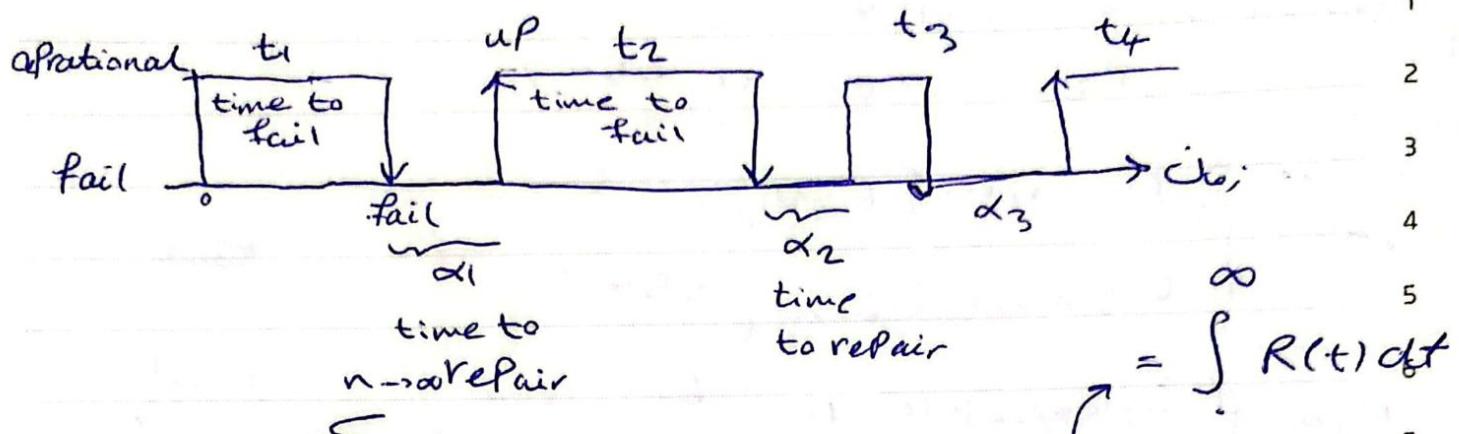
$N_g = 500$  (نمودار: محاسبه  $\lambda$  (دانلود خوب پس از آن))

$$\lambda = 1 \times 16 ( C_1 \times 0,35 + C_2 \times 0,12 ) \quad | \quad \tau_{EP} < 25 \quad = 1,448$$

سرعتها

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{slow} \Rightarrow R = e^{-\lambda t} \rightarrow \text{لایف‌تاپ} \text{ های متی فندا ببری} \\ \text{fast} \Rightarrow R = ? \quad \text{سیستم‌های ساده است} \end{array} \right.$$

قسمتی سیستم /  
دوجین /  
(decompose)

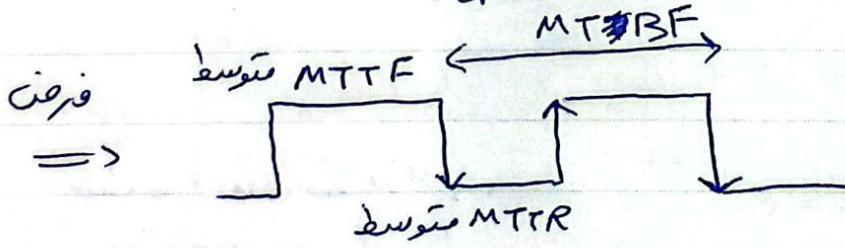


$$E[t_i] = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \text{Mean time to failure} = \text{MTTF}$$

$$E[\alpha_i] = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n} = \text{mean time to repair} = \text{MTTR}$$

$\rightarrow$  exponential  $\rightarrow R = e^{-\lambda t}$   $\Rightarrow \text{MTTF} = \int_0^\infty e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$

$\Rightarrow \text{MTTR} = \frac{1}{\mu}$   $\xrightarrow{\text{repair rate}}$   $\xleftarrow{\text{failure rate}}$



Mean time Between  
failures

$$= \text{MTTF} + \text{MTTR}$$

(MTBF)

$\rightarrow$   $\text{longer, operational} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}}$

Elipon  $\rightarrow A(t \rightarrow \infty)$

Availability

How to calculate  $R(t)$  of a Complex system?

- 1) Probability Method
- 2) Reliability block diagrams
- 3) Markov Model
- 4) Reliability Graph

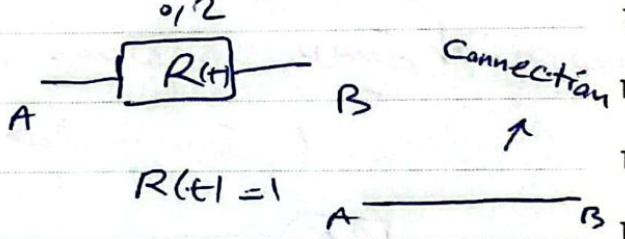
$\rightarrow$  1) Model  
2 Phase      B) Analysis

2) RBD

خواهار پذیری عایدات  
اطینان

\* فهم اساسی - خواهار پذیری  
\* مدل آنالیز

modelling  
Simple  
System



$$R(t) = 1$$

$$R(t) = 0$$

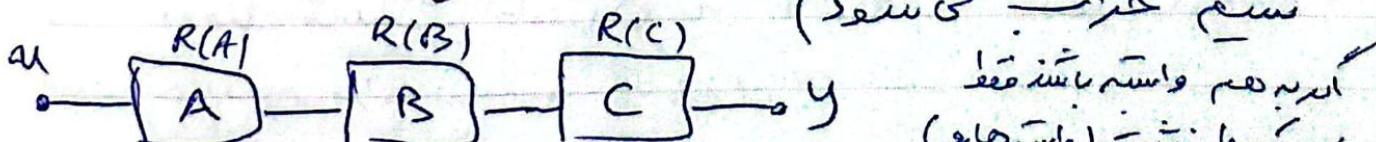
Modelling  
Complex  
System

(الف) Series Model

(ب) Parallel Model

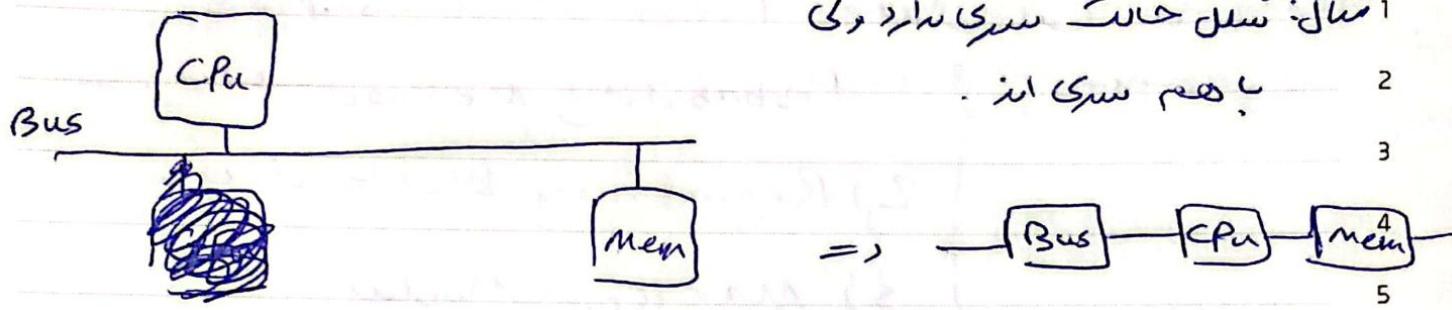
(ج) Mofn Model

در این (درست) مدل مجموعه هایی درست کرده اند  
که هم از زمین است این ترتیب که زیر ستم خواهد شود



$$R_{\text{system}}(t) = R_A(t) \times R_B(t) \times R_C(t)$$

$$\Rightarrow R = \prod_i R_i(t)$$

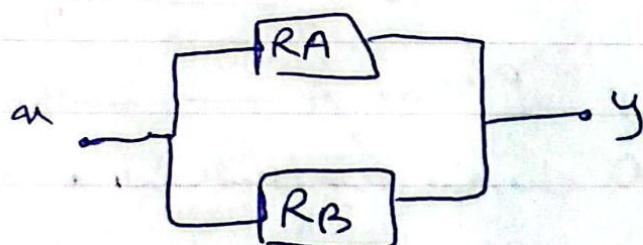


$$R_{\text{System}}(t) = R_{\text{Bus}}(t) \times R_{\text{CPU}}(t) \times R_{\text{Mem}}(t)$$

6  
7

8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

آنچه در این درس تدریجی درست نوشته شده است / مفهومی درست تدریجی از زیر سطح های عالی بسته / (کامپیوچر) از زیر سطح های سالم باشد و سالم بودن سیستم انتیغیر (کامپیوچر) (سیستم و قدرت خرابی را که زیر سطح های خراب باشند)



$$Q_{\text{sys}}(t) = Q_A(t) Q_B(t)$$

$$1 - R_{\text{sys}} = (1 - R_A)(1 - R_B)$$

16  
17

$$= R_{\text{sys}} = 1 - ((1 - R_A)(1 - R_B))$$

18  
19

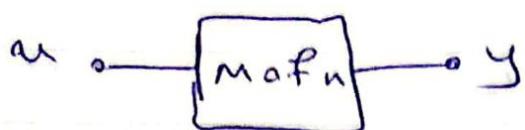
حوالاتی

$$\rightarrow 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$$

20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

SPF چنین سیستم سری است چون Voter & TMR,, \*  
R<sub>TMR</sub> /> این حوزه های را فشرد  
اس تبری هایی همین

2) Mofn مدل: مدل قابل استفاده برای  
آنچه برای درست تدریجی از زیر سطح های خرابی درست  
گردیدی خطاکاری از m این سیستم باشد



$$R_{mof_n} = \sum_{i=m}^n \binom{n}{i} R^i (1-R)^{n-i}$$

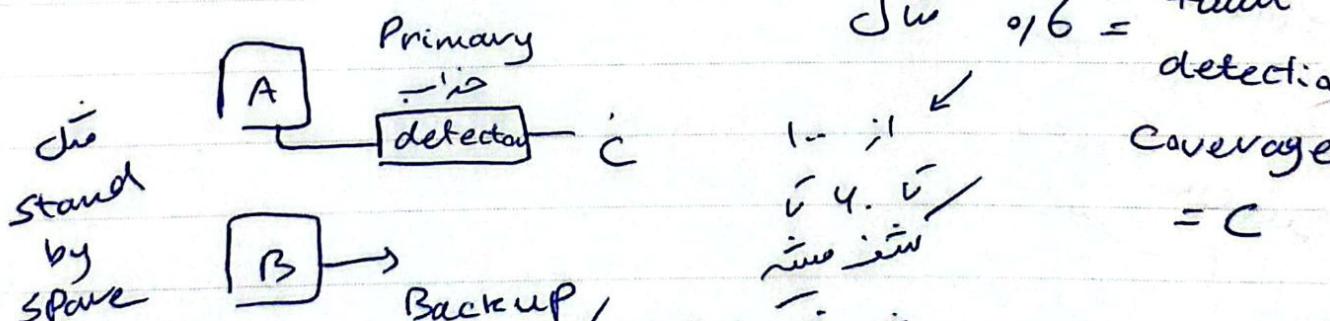
$$R_{TMR} = R_2 \text{ of } 3$$

$$\rightarrow \sum_{i=2}^3 \binom{3}{i} R^i (1-R)^{3-i}$$

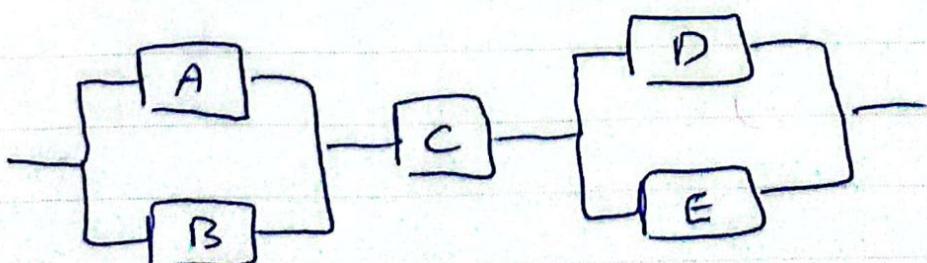
$$\rightarrow \binom{3}{2} R^2 (1-R) + \binom{3}{3} R^3 (1-R)$$

$$\rightarrow 3R^2 - 2R^3$$

### > Coverage Model



$$R_{\text{system}} = R_A(t) + ((1-R_A(t)) \cdot C \cdot R_B(t))$$



$$R_{\text{sys}} = \left(1 - (1-R_A)(1-R_B)\right) R_C \left(1 - (1-R_D)(1-R_E)\right)$$

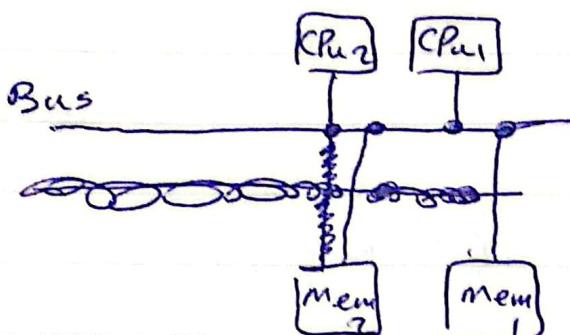
Date:

Fault

موضع مقدار:  $\frac{1}{2}$  extended  
موضع مقدار:  $\frac{1}{2}$  RBD

Subject:

19 نظر



→ اندیشید  
علی

Bus = C

↳ CPU = A, B

↳ Mem = D, E

متراژ: ساده (تحلیل و روابط بینی)

متراژ: همه سیم هارا نفست باون که تا مکارد

آنراول سری باش و سعیش تغیریزد

(Dynamic) مواردی است که برخالص

برگردانند

new standby  
Space

Switch و سوئیچ

که نفعون شد که

بدرد سیم های

Dynamic

Configuration

و عومن

جهون

سین

$$R_{sys}(t) = R_A(t) \times R_B(t)$$

اگر دو سیستم اطمینانی دارند، آنها می توانند هم بروند.

$$R_{sys}(t) = \frac{\text{Prob} \{ \text{both good at } t \}}{\text{Prob} \{ \text{either good or bad at } t \}}$$

فرهن: هر دو سیستم خوب باشند.

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Prob} \{ \text{both good at } t \}}{\text{Prob} \{ \text{either good or bad at } t \}} \\ &= \frac{\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} \times \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \}}{\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} + \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \}} \\ &= \frac{\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} \times \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \}}{\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} + \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \}} \\ &= \frac{\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} \times \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \}}{\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} + \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \}} \end{aligned}$$

12.  $\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } t \} = \text{Prob} \{ \text{SysA is good at } 0 \}$

13.  $\text{Prob} \{ \text{SysB is good at } t \} = \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } 0 \}$

14.  $\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } 0 \} \times \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } 0 \}$

15.  $\text{Prob} \{ \text{SysB is good at } 0 \}$

16.  $\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } 0 \}$

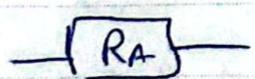
17.  $\text{Prob} \{ \text{SysB is good at } 0 \}$

18.  $\text{Prob} \{ \text{SysA is good at } 0 \} + \text{Prob} \{ \text{SysB is good at } 0 \}$

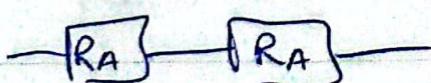
$$= R_A(t) \cdot R_B(t)$$

مثلاً

\* سوال مشابه برای سیم های موادی در انتقال



آیا هر سیم با خودست سیم است؟



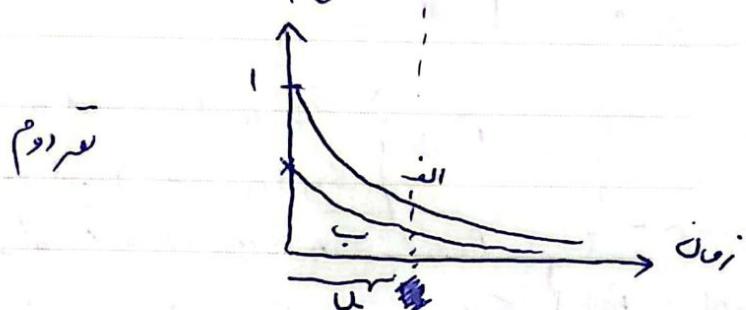
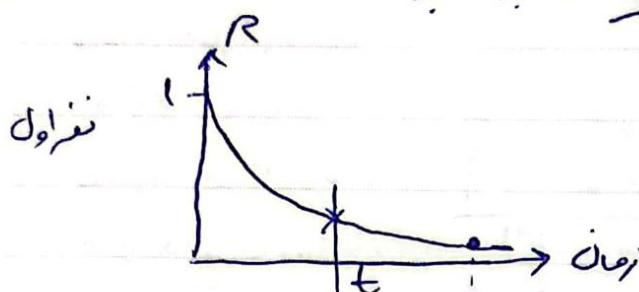
چنانچه فرض استقلال خواهد بود.

در RBD حکم باست پاسخ خواهد بود و اگر فرض مستقل بودن مواد را معتبر می شوند است. درین حالی که روایتی از این صادرات نتوها نهاده شود.

$$R'_{sys} = R'_A(t)$$

Elipon

۱ لبی کی تاریخ کے درجہ اسٹر دانشگوی است بعد از  $t$  ب تقریباً تحویل را در  
۲ می شوئے معلوے است قابلیت اطمینان لبی تا پی از زمانی کے درست نظر  
۳ روم است .



الف درست است

بای بی بی الف

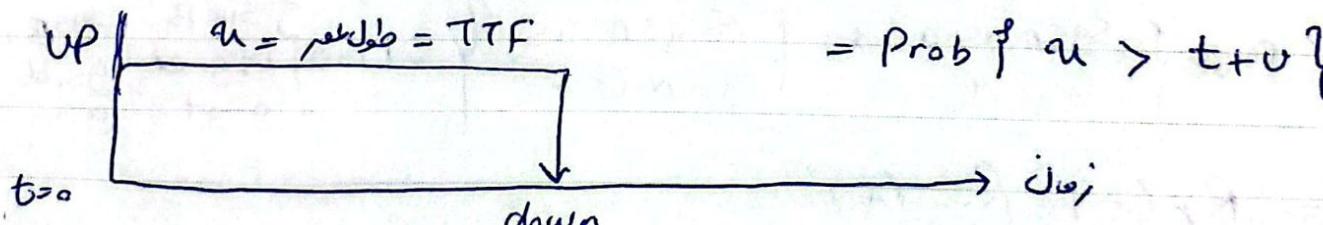
از نادنفر

اعلی :

$$R(t+u) = \text{Prob} \{ \text{sys is good } | \text{ sys is good } @ t \}$$

$$= \text{Prob} \{ \text{sys is good } @ t \wedge \text{sys is good } @ t+u \}$$

$$= \text{Prob} \{ \text{sys is good } @ t+u \}$$



$$= \text{Prob} \{ u > t+u \}$$

$$R(u) = \text{Prob} \{ \text{sys is good } | \text{ sys is good } @ t \}$$

از نادنفر  
دوام

$$= \text{Prob} \{ \text{sys is good } @ t \} / \text{Prob} \{ \text{sys is good } @ t \}$$

$$= \text{Prob} \{ t+u < u \} / \text{Prob} \{ t < u \}$$

$$\text{if } t+u=\alpha \quad \text{دراخدا} = \text{Prob} (\alpha) = \text{Prob} \{ u > \alpha \}$$

$$\Rightarrow \frac{\text{Prob} \{ u > t+u \}}{\text{Prob} \{ u > t \}} = \frac{R_{\text{نیاز}}(t+u)}{R_{\text{نیاز}}(t)}$$

اولی خواهد بود اگر  $t+u < t$

$$\frac{-\lambda(t+u)}{e^{-\lambda t}} = e^{-\lambda u}$$

$e^{-\lambda u} = 1 - \lambda u$  : براساس آخر صفحه

چنانچه سینی تازهان  $t$  سالم باشد احتمال سالم بودن  $t+u$  (اکنون  $t+u$ )  $= e^{-\lambda u}$   $\leftarrow$  از این نتیجه می‌باشد که درست بودن  $t+u$  بذسته رفته است.

درست بذسته نهایی، تاریخی  $\Rightarrow$  ممکن است (حاققه قبل ستم)  $\equiv$  (memorj less)

## Methods

2) Markov ~~Method~~  $\rightarrow$  مکاروی داده درین درس  
 RBD مارکوف بر عکس  $\rightarrow$  مارکوف مدل  $\rightarrow$  markov model  
 Reliability و Safety Availability  $\rightarrow$  markov Analysis تحلیل مارکوف

متغیرهای:

1) خروجی هامسند باشند

2) مدل های خروجی باشند

3) دریک بازه بسیار کوچک  $\Delta t$   $\rightarrow$  حالتی که خروجی می‌باشد( $\Leftarrow$ )

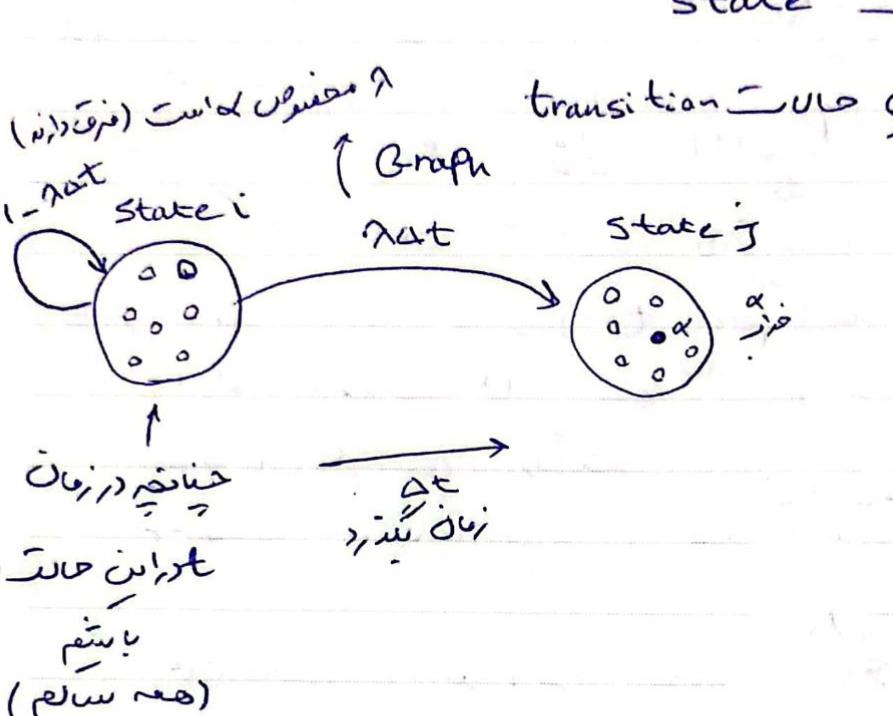
$$\text{Prob} \left\{ \begin{array}{l} \text{خراب شدن ستم} \\ \text{ساده} \end{array} \middle| \begin{array}{l} \text{سهم ساده} \\ \text{در زمان} \\ \text{سالم باشند} \end{array} \right\} = 1 - R(\Delta t) = 1 - e^{-\lambda \Delta t}$$

$$\text{if } \Delta t \rightarrow 0 \quad \frac{\text{سهم ساده}}{\text{سهم خراب}} e^u = 1 + \frac{u}{1!} + \frac{u^2}{2!} + \dots + \frac{u^i}{i!}$$

$$\Rightarrow 1 - e^{-\lambda \Delta t} \approx 1 / \left( 1 + -\lambda \Delta t + \frac{(\lambda \Delta t)^2}{2!} - \frac{(\lambda \Delta t)^3}{3!} + \dots \right)$$

$$\rightarrow \cancel{1 /} = \lambda \Delta t - \frac{(\lambda \Delta t)^2}{2!} + \dots \rightarrow \infty$$

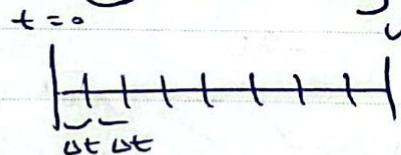
$$\approx \lambda \Delta t \quad \text{فقط اگر} \lambda \Delta t \rightarrow 0$$



Markov Method

① Modeling  $\rightarrow$  State transition 12

② Solving



Good or Fail Component 13

منروضات:

- خرای ہے مسئلہ

یا شدہ

- مدل خرای

لئی یا شدہ

- دریں بڑھ لے جائے

- حدالٹ  $\Delta t$ 

پر ایسا ہے

(کوچک  $\Delta t$ )

خرای سے درجہ ایسا  
واسطہ کی کوچک  
تبیان

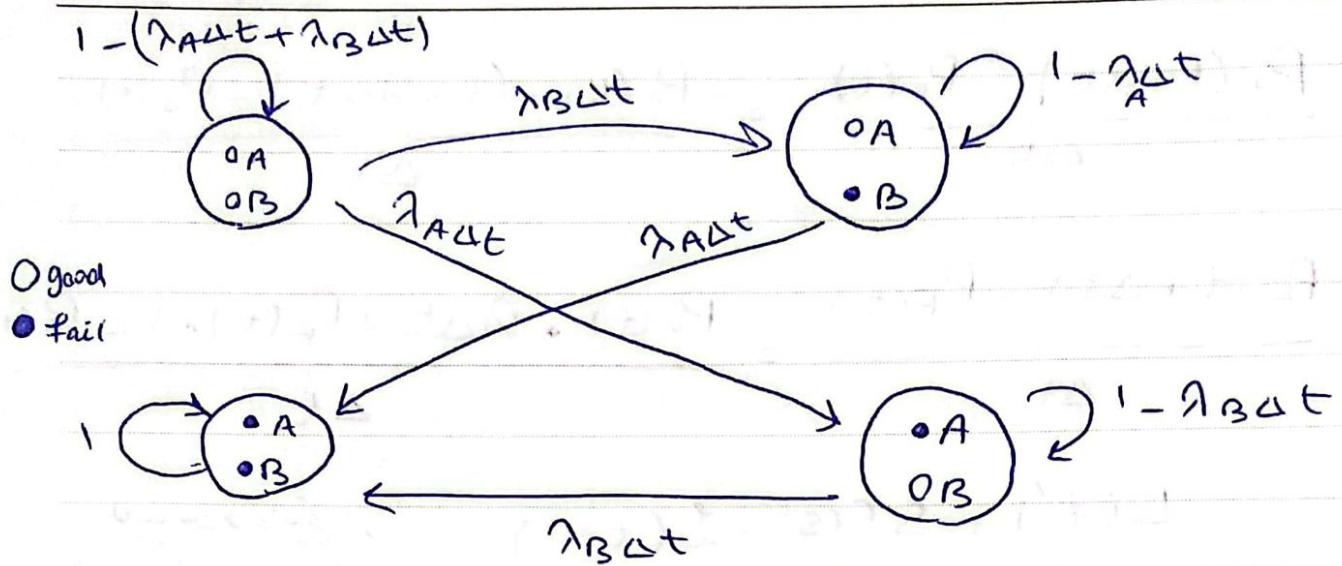
= Memory  
less

Prob of System is | System is  
Faulty at | good  
 $\rightarrow t$

$= \lambda - e^{-\lambda t}$

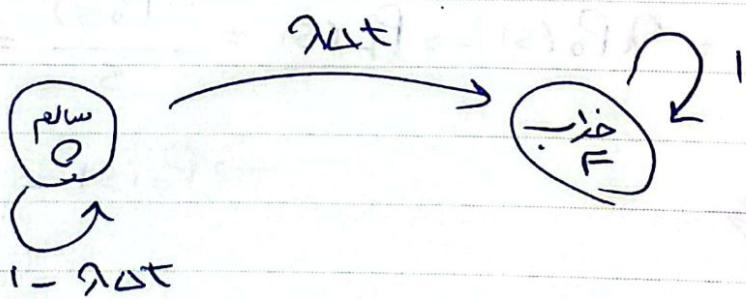
$= \lambda \Delta t$

~~ایسا ہے درجہ ایسا  
واسطہ کی کوچک  
تبیان~~



توی هادت مرد good هستم از A تغیر حالت نداره و خذای سفر ده  
 می رویم اگر B تغیر حالت دهد و خذای سفر به B می رویم  
 و آن رفعی نیست در هعلن حالت می فانم و همچوی این ها  
 می تواند  $\Delta t$  صلوک شود  
 اگر تغیره بارداشته باشم از حالتی دخدا شده برمی دردیده بشه از این  
 خذای ستره بوراه و حالت سالم است می رسم

یعنی مثال ساره:



آنده رو بر اساس رفاقت مفهی ترسم می کنم  
 احتقال عدم خذای

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t)$$

$$P_F(t + \Delta t) = P_0(t) \cdot \lambda \Delta t + P_F(t) \cdot 1$$

از هر طرف خردش رونم می کنم بعدش ترسم ببر  $\Delta t$  می کنم

$$\frac{P_o(t+\Delta t) - P_o(t)}{\Delta t} = \frac{P_o(t) \cdot ((1-\lambda\Delta t) - P_o(t))}{\Delta t} \quad 1$$

$$\frac{P_F(t+\Delta t) - P_F(t)}{\Delta t} = \frac{P_o(t) \cdot \lambda\Delta t + P_F(t) \cdot 1 - P_F(t)}{\Delta t} \quad 2$$

$$L(\mathcal{F}') = SF(s) - L(t=0) \quad \begin{matrix} \text{در واقع از} \\ \text{S نیست} \end{matrix} \quad 3$$

$$\begin{cases} P'_o(t) = -\lambda P_o(t) \\ P'_F(t) = \lambda P_o(t) \end{cases} \xrightarrow{L} \begin{cases} SP_o(s) - P_o(t=0) = -\lambda P_o(s) \\ SP_o(s) - P_F(t=0) = \lambda P_o(s) \end{cases} \quad 4$$

$$\begin{cases} SP_o(s) - 1 = -\lambda P_o(s) \rightarrow SP_o(s) + \lambda P_o(s) + \lambda P_o(s) = 1 \end{cases} \quad 5$$

$$\begin{cases} SP_F(s) - 0 = \lambda P_o(s) \rightarrow P_F(s) = \frac{\lambda P_o(s)}{s} = \frac{\lambda}{s} \cdot \frac{1}{s+\lambda} \end{cases} \quad 6$$

$$\rightarrow P_o(s) = \frac{1}{s+\lambda} \quad 7$$

$$\frac{A}{s} + \frac{B}{s+\lambda}$$

$$\frac{\lambda}{s} = \frac{1}{\lambda+s} = \frac{1}{s+0} + \frac{-1}{s+\lambda} \quad 8$$

ل، نیشنی

روزگاری نهاد

بجایی ک اسکن جی نہیں

ل، س جی نہیں  
-1 = s جی نہیں

$$\forall t \in \text{Time} \sum P_i(t) = 1$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left(\frac{1}{s+\alpha}\right) = e^{-\alpha t}$$

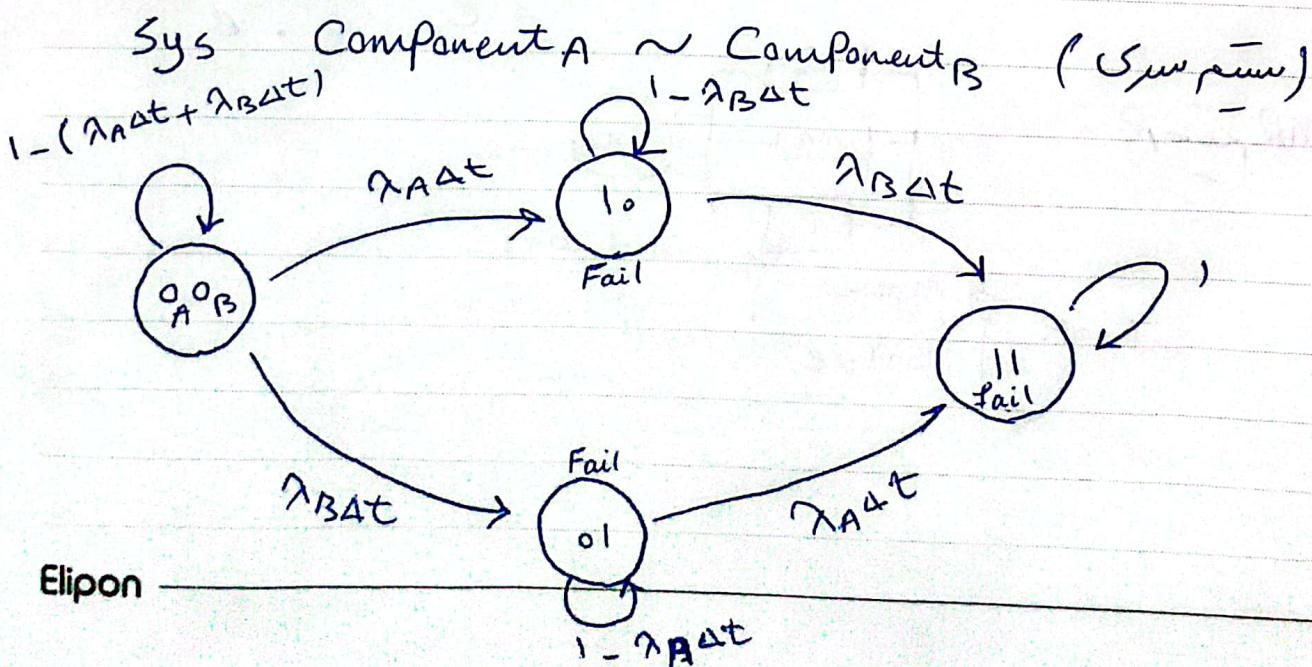
$\therefore s = -\alpha$

بررسی  
بررسی  
 $t=0$

$$\begin{aligned} \mathcal{L}^{-1} \rightarrow & \left\{ \begin{array}{l} P_0(t) = e^{-\lambda t} \\ P_F(t) = \left\{ \begin{array}{l} 1 - e^{-\lambda t} \\ \frac{\lambda}{s} \cdot \frac{1}{s+\lambda} = \frac{1}{s} + \frac{-1}{s+\lambda} \\ = e^{-\alpha t} - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\lambda t} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$R(t) = \sum_{i \in \text{state good}} P_i(t) = P_0(t) = e^{-\lambda t}$$

متغیر تخلیقی درین سیستم dynamic: متغیر  
تخلیقی دارای پسورد: متغیر



\* در لامپ مارکوف برای R، چنینچه بحالات fail و non-fail ایجاد نموده ایم. قابل ادعام fail ای های state نهاده شدند.

$$1 - (\lambda_A \Delta t + \lambda_B \Delta t)$$



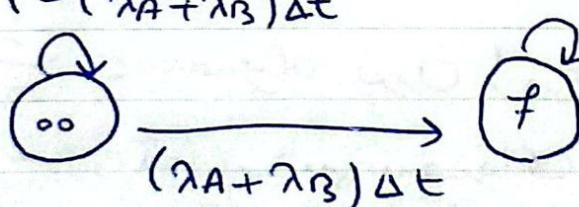
مراحل 1) draw graph (model)

2) simplification ساده سازی مارکوف

قانون ادغام (merge rule)  $P_{AB}$  :  $(\text{merge rule})$   
در حالت ایجاد شده ای دو حالت ممکن است که می توانند با هم ادغام شوند مثلاً  $\begin{pmatrix} 10 \\ 01 \end{pmatrix}$

لماکن هایی وردی با هم جمع می شوند در این صورت لفون هایی وردی جمع

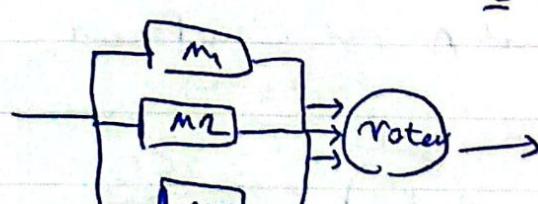
$$1 - (\lambda_A + \lambda_B) \Delta t$$



$$P_{00}(t) = e^{-(\lambda_A + \lambda_B)t}$$

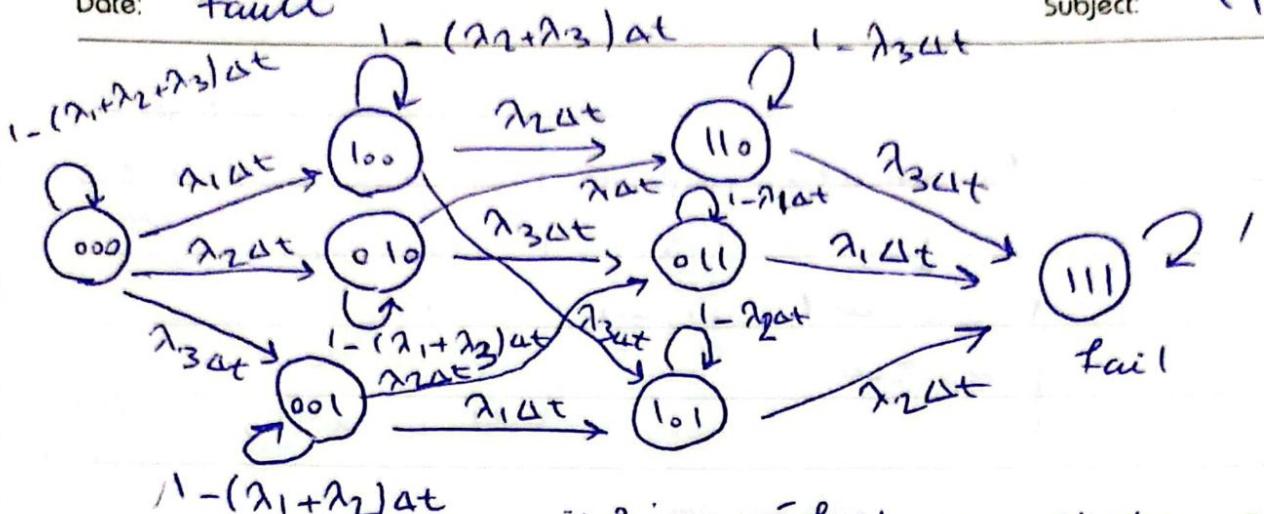
$$= e^{-\lambda_A t} \cdot e^{-\lambda_B t}$$

TMR میان ر



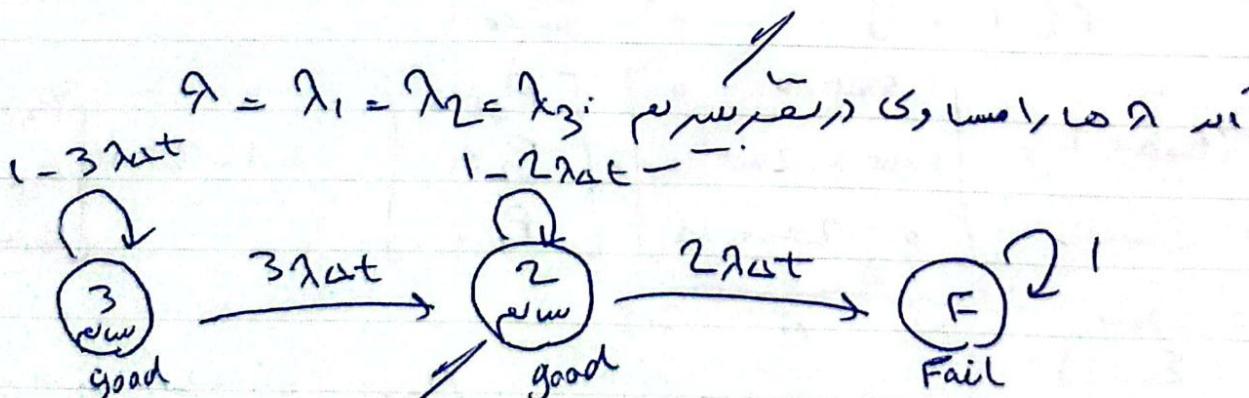
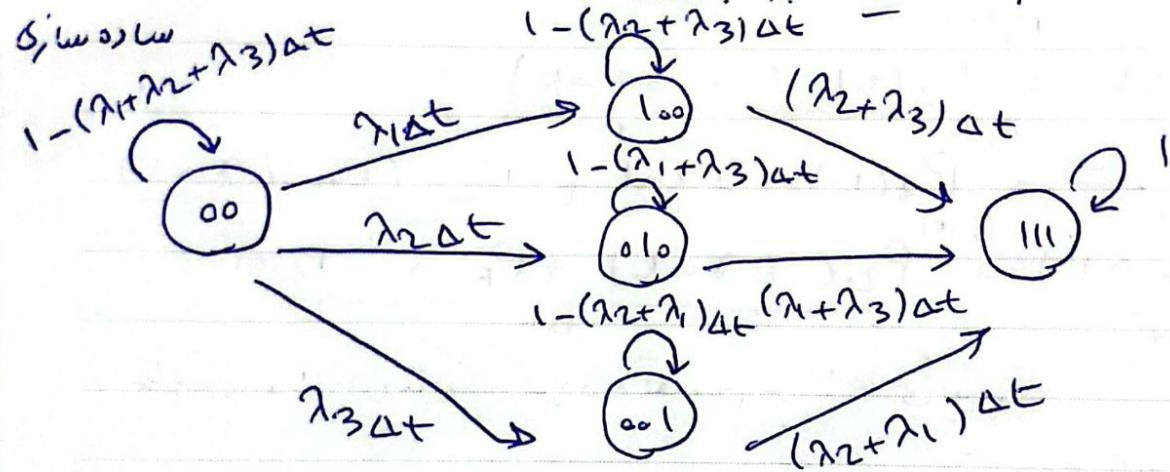
TMR 3 model 3 solve بین تعمیر است بین تعمیر

Date: Fault

Subject:  $\lambda_1$  rate

$\lambda - (\lambda_1 + \lambda_2)$  at fail state

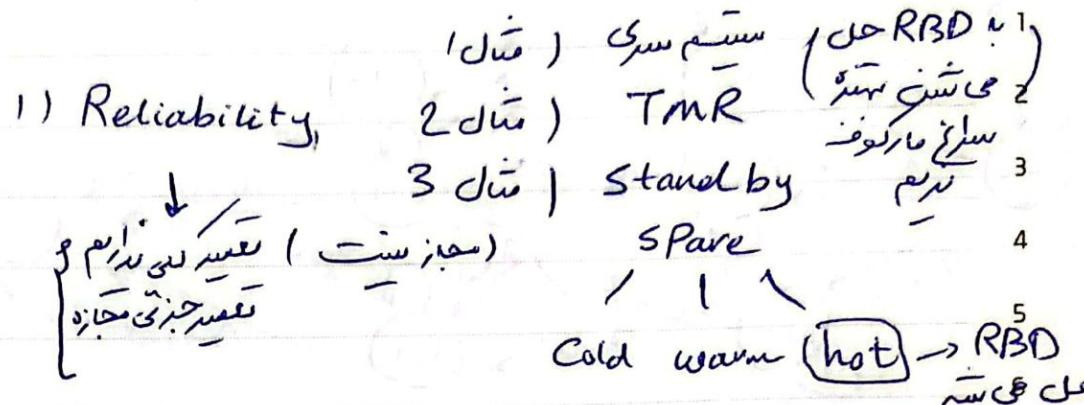
جوری ن در آخوند احتمال بروز fail



TMF

ضریب میانگین تغیر باشد بازه زمانی (برگردان) همچنین

اُریبای ای  
پذیری به روش  
ما رکنی



### دوستانه با استفاده از فرمول

۱) این : بروز تغییر  $\leftarrow$  صفت قبل ( آخر دلیل )  $\rightarrow$  حل TMR دلیل

$$\frac{P_3(t+\Delta t)}{\Delta t} = \frac{P_3(t) \cdot (1 - 3\lambda \Delta t) - P_3(t)}{\Delta t}$$

$$\frac{P_2(t+\Delta t)}{\Delta t} = \frac{P_3(t) \cdot 3\lambda \Delta t + P_2(t) \cdot (1 - 2\lambda \Delta t)}{\Delta t}$$

$$\frac{P_F(t+\Delta t)}{\Delta t} = \frac{P_2(t) \cdot 2\lambda \Delta t + P_F(t) \cdot 1 - P_F(t)}{\Delta t}$$

طبقه بندی خودش نماید و تقسیم بر  $\Delta t$

۲) این

$$P(t) = \begin{bmatrix} P_3(t) \\ P_2(t) \\ P_F(t) \end{bmatrix}$$

ماتریس  
از خودش  
باشد

$$P(t+\Delta t) = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 - 3\lambda \Delta t & 0 & 0 \\ 3\lambda \Delta t & 1 - 2\lambda \Delta t & 0 \\ 0 & 2\lambda \Delta t & 1 \end{bmatrix}}_A \cdot \begin{bmatrix} P_3(t) \\ P_2(t) \\ P_F(t) \end{bmatrix} = 1 - 2\lambda \Delta t \begin{bmatrix} P_3(t+\Delta t) \\ P_2(t+\Delta t) \\ P_F(t+\Delta t) \end{bmatrix}$$

جمع سه  
برای است  
سون

$\sum = 1$

$$P(t+\Delta t) = A \cdot P(t)$$

احتمال آمدن  
از  $i$  به  $j$  سطح  
 $A_{i,j} =$

$P_i$  محاسب

$(\Delta t \rightarrow 0)$  این است انتقال می دهن

$$\textcircled{2} \quad \begin{cases} P'_3(t) = -3\lambda P_3(t) \\ \Rightarrow P'_2(t) = -2\lambda P_2(t) + 3\lambda P_3(t) \\ P'_F(t) = 2\lambda P_2(t) \end{cases}$$

$$\textcircled{3} \quad \text{Loop } i \quad \text{Matrix Form: } \text{Loop } i \cdot \text{IP}(t) = i \left[ \begin{array}{c} \text{Loop } i \\ \text{Loop } i \\ \text{Loop } i \end{array} \right] \cdot \text{IP}(t)$$

(in  $i$ ;  $j$ ;  $j$ )

$\text{Loop } i =$  ~~Loop  $i$  رفع دوست~~

Loop  $i$  وی Loop  $i$  رفع دوست

$$\begin{bmatrix} P_3(t) \\ P'_2(t) \\ P'_F(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3\lambda & 0 & 0 \\ 3\lambda & -2\lambda & 0 \\ 0 & 2\lambda & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_3(t) \\ P_2(t) \\ P_F(t) \end{bmatrix}$$

لذی سه جمع سه سوون = 0

$$(\Sigma = 0)$$

$$\textcircled{4} \quad \begin{cases} I \quad SP_3(s) - P_3(t=0) = -3\lambda P_3(s) \\ II \quad SP_2(s) - P_2(t=0) = -2\lambda P_2(s) + 3\lambda P_3(s) \\ III \quad SP_F(s) - P_F(t=0) = 2\lambda P_2(s) \end{cases}$$

$$I \Rightarrow P_3(s) = \frac{1}{s + 3\lambda}$$

$$II \Rightarrow P_2(s) = 3\lambda \cdot \frac{1}{s + 3\lambda}$$

$$III \Rightarrow P_F(s) = 2\lambda P_2(s)$$

Date:

Fault

$$* \frac{1}{s+\alpha} = e^{-\alpha t}$$

Subject:

PP مول

$$\stackrel{-1}{\overbrace{\quad}} \left\{ \begin{array}{l} P_3(t) = e^{-3\lambda t} \\ P_2(s) = \frac{3\lambda}{(s+3\lambda)(s+2\lambda)} = \frac{-3}{s+3\lambda} + \frac{3}{s+2\lambda} \end{array} \right.$$

$$\stackrel{-1}{\overbrace{\quad}} P_2(t) = -3e^{-3\lambda t} + 3e^{-2\lambda t}$$

$\xrightarrow{\text{وstate good}}$

$$R(t) = P_3(t) + P_2(t) = e^{-3\lambda t} - 3e^{-3\lambda t} + 3e^{-2\lambda t}$$

$$= 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t} = 3(e^{-\lambda t})^2 - 2(e^{-\lambda t})^3$$

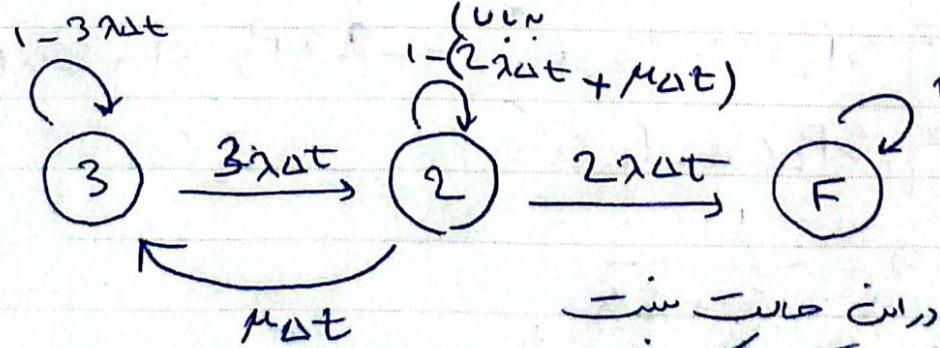
: (باعث) TMR حل سد

\* بایعث دجه از حالت Fail به سالم نباید بگئی لش (چون تغیرات ندارم)

پسندیده خروجی =  $\mu$   $\lambda \Delta t \leftarrow$  خروجی ①  
 Single System  $\lambda \Delta t \leftarrow$  خروجی ②  $2\lambda \Delta t \leftarrow$  خروجی ③

Repair Rate =  $\mu$   $\lambda \Delta t \leftarrow$  پسندیده خروجی

# (Failure Rate =  $\lambda$ )  $3\lambda \Delta t \leftarrow$  خروجی ④



جمع 3، 2 دران حالت سنت  
 به حالت بول تغیر نموده نداشت  
 (چون Reliability را می بینیم)

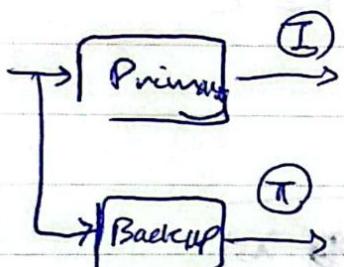
\* حل معادله به عنوان تسین

$$P'(t) = Q \cdot P(t)$$

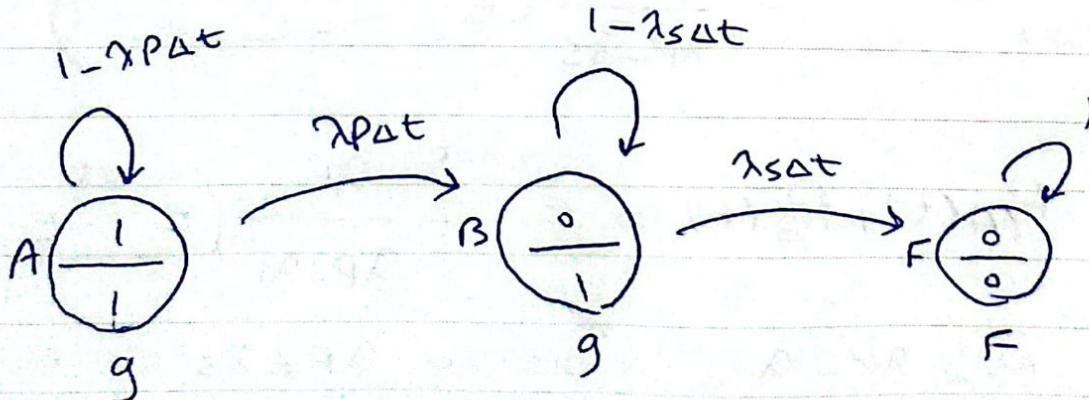
حل با تسین:

$$\begin{bmatrix} P'_3(t) \\ P'_2(t) \\ P'_F(t) \end{bmatrix} = 3 \begin{bmatrix} -3\lambda & \mu & 0 \\ 3\lambda & -2\lambda - \mu & 0 \\ 0 & 2\lambda & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_3(t) \\ P_2(t) \\ P_F(t) \end{bmatrix}$$

(cold) Stand by Spare Case



Cold, > = خودس = خودس کم کرده = خودس سود



$$P_A(t + \Delta t) = P_A(t) \cdot (1 - \lambda_P \Delta t)$$

حل معادله:

$$P_B(t + \Delta t) = P_A(t) \cdot \lambda_P \Delta t + P_B(t) \cdot (1 - \lambda_S \Delta t)$$

$$P_F(t + \Delta t) = P_B(t) \cdot \lambda_S \Delta t + P_F(t) \cdot 1$$

طبقه نی را از خودش کم کرده و تقسیم بر  $\Delta t$  می کنیم

$$\left\{ \begin{array}{l} P'_A(t) = -\lambda P P_A(t) \\ P'_B(t) = \lambda P P_A(t) - \lambda s P_B(t) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P'_F(t) = \lambda s P_B(t) \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{\mathcal{L}} \left\{ \begin{array}{l} SP_A(s) - P_A(t=0) = -\lambda P P_A(s) \\ SP_B(s) - P_B(t=0) = \lambda P P_A(s) - \lambda s P_B(s) \\ SP_F(s) - P_F(t=0) = \lambda s P_B(s) \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} \left\{ \begin{array}{l} P_A(s) = \frac{1}{s+\lambda P} \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} P_A(t) = e^{-\lambda P t} \end{array} \right.$$

$$P_B(s) = \frac{\frac{\lambda P}{s+\lambda P}}{\frac{s+\lambda s}{s+\lambda s}} = \frac{\lambda P}{(s+\lambda P)(s+\lambda s)}$$

$$= \frac{-\lambda P}{-\lambda s + \lambda P} + \frac{\lambda P}{\lambda P - \lambda s} \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} P_B(t) = \frac{\lambda P}{\lambda P - \lambda s} e^{-\lambda s t}$$

$$- \frac{\lambda P}{\lambda P - \lambda s} e^{-\lambda P t} = \frac{\lambda P}{\lambda P - \lambda s} (e^{-\lambda s t} - e^{-\lambda P t})$$

$$R(t) = P_A(t) + P_B(t) = e^{-\lambda s t} + \frac{\lambda P}{\lambda P - \lambda s} (e^{-\lambda s t} - e^{-\lambda P t})$$

$\therefore \lambda P = \lambda s$   $\Rightarrow \lambda P \neq \lambda s$  (WRONG)

$$\left\{ \begin{array}{l} P_A(s) = \frac{1}{s+\lambda} \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} P_A(t) = e^{-\lambda t} \\ P_B(s) = \frac{\lambda}{(s+\lambda)^2} \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} P_B(t) = \lambda \cdot t e^{-\lambda t} \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} R(t) \\ = \end{array} \right. \frac{1}{2} R(t) + \frac{1}{2} t R(t)$$

Elipon  $P_F(s) = \frac{\lambda}{s} \cdot \frac{\lambda}{(s+\lambda)^2}$

$$R(t) = P_A(t) + P_B(t) - e^{-\lambda t} + \lambda \cdot t e^{-\lambda t}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_3(t+\Delta t) = P_3(t) \cdot (1 - 3\lambda \Delta t) + P_2(t) \cdot \mu \Delta t \\ P_2(t+\Delta t) = P_2(t) \cdot (1 - 2\lambda \Delta t - \mu \Delta t) + P_3(t) \cdot 3\lambda \Delta t \\ P_F(t+\Delta t) = P_2(t) \cdot 2\lambda \Delta t + P_F(t) \cdot 1 \end{array} \right.$$

طريقی از خروش کم نهاد و تقسیم بر  $\Delta t$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{P_3(t+\Delta t) - P_3(t)}{\Delta t} = \frac{P_3(t) \cdot (1 - 3\lambda \Delta t) + P_2(t) \cdot \mu \Delta t - P_3(t)}{\Delta t} \\ \frac{P_2(t+\Delta t) - P_2(t)}{\Delta t} = \frac{P_2(t) \cdot (1 - 2\lambda \Delta t - \mu \Delta t) + P_3(t) \cdot 3\lambda \Delta t - P_2(t)}{\Delta t} \\ \frac{P_F(t+\Delta t) - P_F(t)}{\Delta t} = \frac{P_2(t) \cdot 2\lambda \Delta t + P_F(t) \cdot 1 - P_F(t)}{\Delta t} \end{array} \right.$$

پس از  $\Delta t \rightarrow 0$  حاصل

$$\left\{ \begin{array}{l} P'_3(t) = -3\lambda P_3(t) + \mu P_2(t) \\ P'_2(t) = -(2\lambda + \mu) P_2(t) + 3\lambda P_3(t) \\ P'_F(t) = 2\lambda P_2(t) \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow[t \rightarrow s]{L} \left\{ \begin{array}{l} SP_3(s) - P_3(t) = -3\lambda P_3(s) + \mu P_2(s) \\ SP_2(s) - P_2(t) = -(2\lambda + \mu) P_2(s) + 3\lambda P_3(s) \\ SP_F(s) - P_F(t) = 2\lambda P_2(s) \end{array} \right.$$

$$P_3(s) = \frac{-3\lambda \cdot \frac{1}{s+3\lambda}}{s+\mu}$$

$$P_2(s) = \frac{-(2\lambda + \mu) \cdot \frac{1}{s+2\lambda+\mu}}{s+3\lambda}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_3(s) = \frac{-3\lambda}{(s+\mu)(s+3\lambda)} = \frac{1}{s+\mu} + \frac{1}{s+3\lambda} \\ P_2(s) = \frac{-(2\lambda+\mu)}{(s+2\lambda+\mu)(s+3\lambda)} = \frac{1}{s+2\lambda+\mu} + \frac{1}{s+3\lambda} \end{array} \right.$$

1  
2

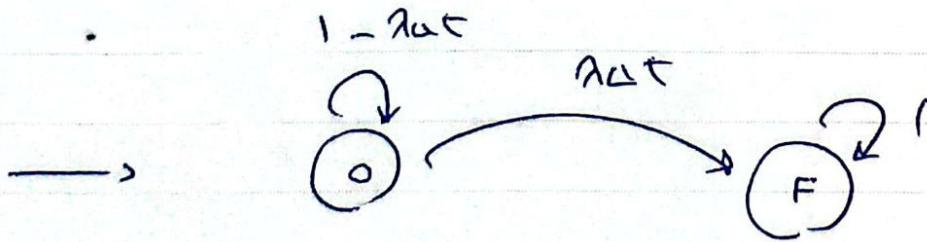
$$\rightarrow P_3(t) =$$

3  
4

$$\rightarrow P_2(t) =$$

5  
6  
7

$$\Rightarrow R(t) = P_3(t) + P_2(t) =$$

8  
9  
10  
1112  
1314  
1516  
1718  
1920  
2122  
2324  
2526  
27

in A لـ R و/o  $R(t) = P_0(t)$

و/o R, جو

نـ = F ;

(جـ مـ عـ سـ ) O

دلکهای مارکوف:  $P_{\text{fail}} = \frac{1}{\lambda \Delta t}$

یکدیگر احتمال برخورد نمی‌کنند (Safety coverage)  $\rightarrow$  (Reliability)

- خطا های جزئی قابل تقدیرانه (تعییر جزئی محیا است)

- حالت خطا ها قابل ادعام نیست

$\mu_{\text{fail}} = \frac{1}{\lambda \Delta t}$  چون تلفی حالت های  $F$  در  $\Delta t$  تغییر نمی‌کند،

شماره ۲) دسترسی زنگی (Availability) تعییر نمی‌کنند نه در  $\Delta t$  تغییر نمی‌کند

- تغییر جزئی و کلی قابل قبول است

- حالت خطا های از اینها قبل از آنهاست

شماره ۳) امنی (Safety) (Performance)  $\rightarrow$   $\mu_{\text{fail}} = \min \left\{ \frac{1}{\lambda \Delta t}, \frac{1}{\mu_{\text{fail}}} \right\}$

- تغییر جزئی کلی قابل قبول است

- فقط حالات سالم قابل قبول است

- مولتی پردازی تواند خطا های اگر ضربه بخواهد

شماره ۴) خوب باید رخداد نباشد (Good) (عدوی در حالات سالم)

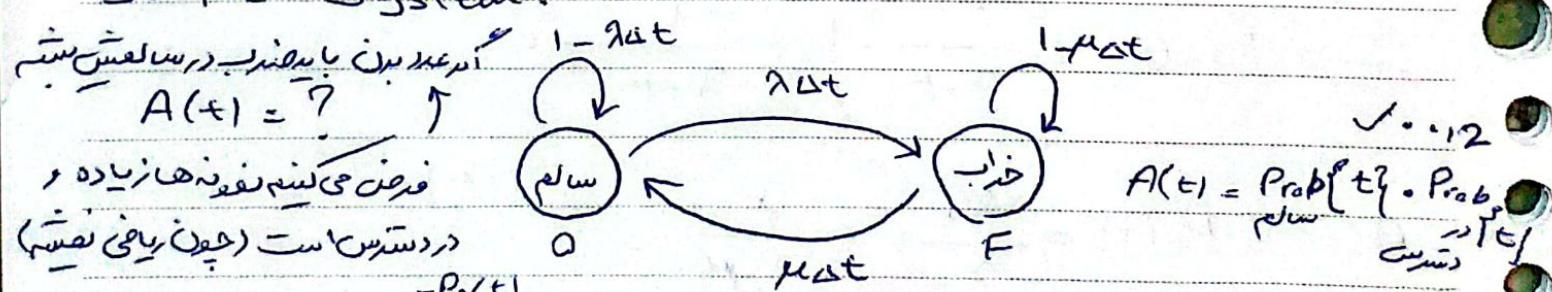
(detectability) - موضع لطف خطا را خواهد داشت

- شروع دلک مارکوف از علاوه خطا است

- حالت مختلف تغییر کرده است

خطای سالم بعد از ترسیم می شود

### Simple System:



$$\frac{P_S(t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{P_S(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t) + P_F(t) \cdot \mu \Delta t}{\Delta t} - P_S(t)$$

$$\frac{P_F(t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{P_F(t) \cdot \lambda \Delta t + P_S(t) \cdot (1 - \mu \Delta t)}{\Delta t} - P_F(t)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P'_o(t) = \mu P_F(t) - \lambda P_o(t) \\ P'_F(t) = \lambda P_o(t) - \mu P_F(t) \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{\text{L}} \left\{ \begin{array}{l} SP_o(s) - P_o(t=0) = \mu P_F(s) - \lambda P_o(s) \\ SP_F(s) - P_F(t=0) = \lambda P_o(s) - \mu P_F(s) \end{array} \right.$$

$$P_F(s) = \frac{\lambda P_o(s)}{s + \mu}$$

$$SP_o(s) - \frac{\mu \lambda}{s + \mu} P_o(s) + \lambda P_o(s) = 1$$

$$\rightarrow P_o(s) = \frac{1}{s + \lambda - \frac{\mu \lambda}{s + \mu}} = \frac{1}{\frac{(s^2 + \lambda s + (\lambda + \mu)s) - \mu \lambda}{s + \mu}} = \frac{s(s + \lambda + \mu)}{s + \lambda + \mu}$$

$$= \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$

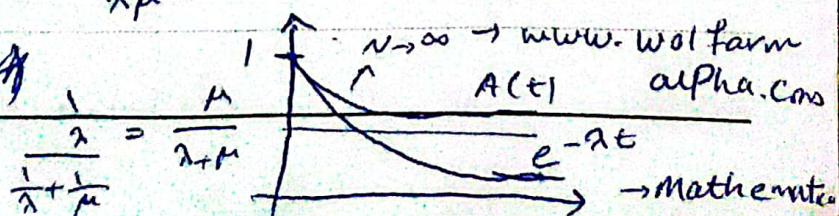
$$\xrightarrow{\text{L}^{-1}} P_o(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \cdot 1 + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{-(\lambda + \mu)t}$$

$$A(t) = P_o(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

(loop PI)  $\rightarrow \infty$ ,  $\omega$

$$A(t \rightarrow \infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \xrightarrow{\text{پس از } t \rightarrow \infty} \frac{\mu}{\lambda \mu} = \frac{1}{\lambda} = \text{MTTF}$$

$$\text{Steady state} \quad \xrightarrow{\text{پس از } t \rightarrow \infty} \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{1}{\lambda + \mu} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\text{MTTR} + \text{MTTF}}$$



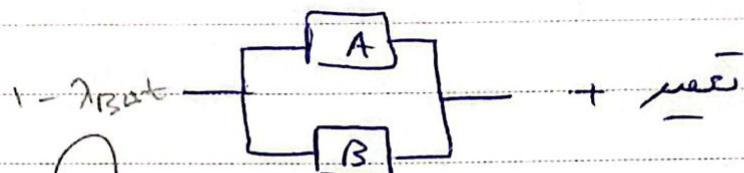
(Availability) (RBD) ABD : مجموع مقادیر

ستم

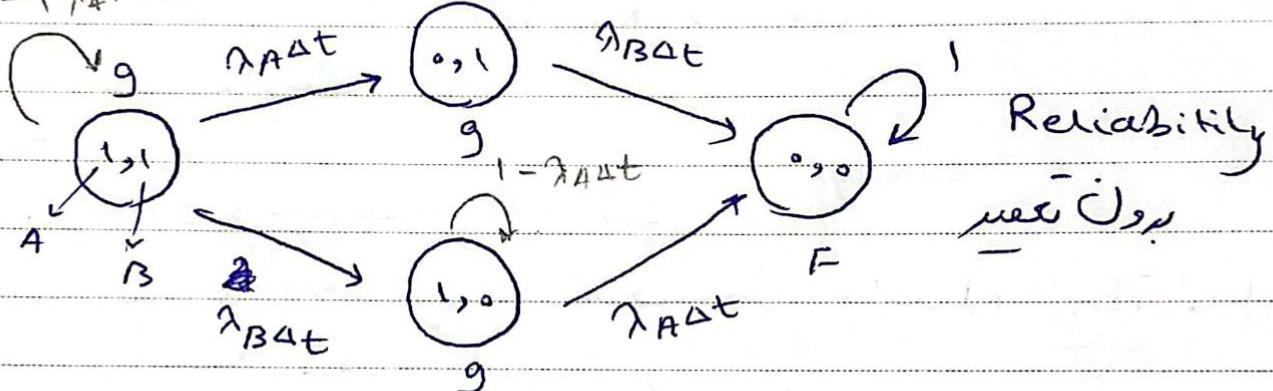
hot Stand by Spare \*

ستم موازنی

$$A(t) = ?$$

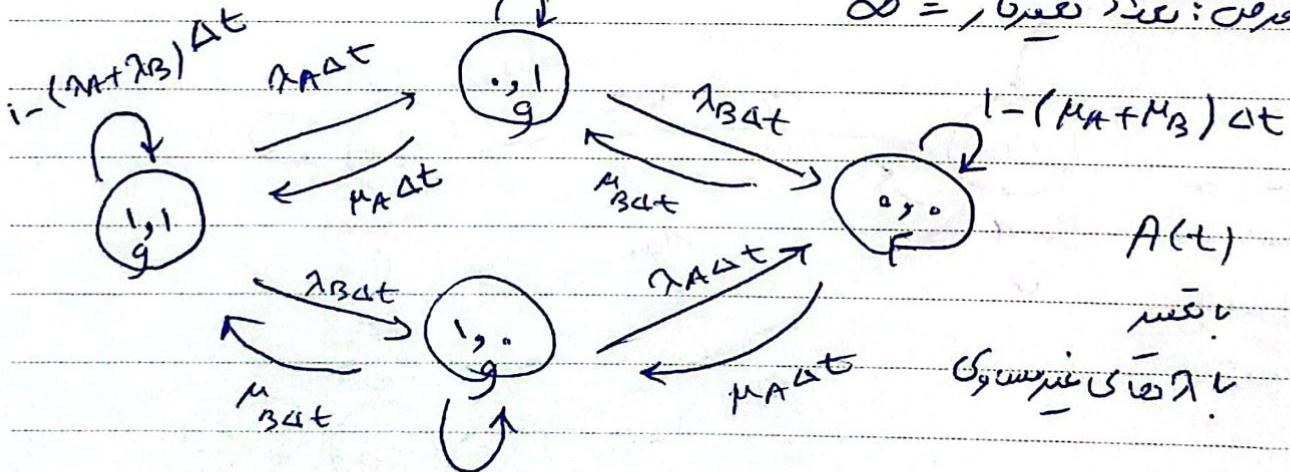


$$1 - (\lambda_A + \lambda_B)\Delta t$$



$$1 - \lambda_B\Delta t - \mu_A\Delta t$$

ضرفه: تعداد تعویض



$$1 - 2\lambda\Delta t$$

$$1 - \lambda_A\Delta t - \mu_B\Delta t$$

$$1 - (\lambda + \mu)\Delta t$$

$$1 - 2\mu\Delta t$$

نیز A(t)

بسیار سخت!

# Fault

Subject: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

جلسه ۲۴

Safety : حالت مثبت برای Safety : حالت خوبی + حالت سالم = حالت خوبی  
حال نسبتی نزدیک به مثقال و مثقال خوبی

$t \Rightarrow$  در طول زمان  $\rightarrow$  Reliability

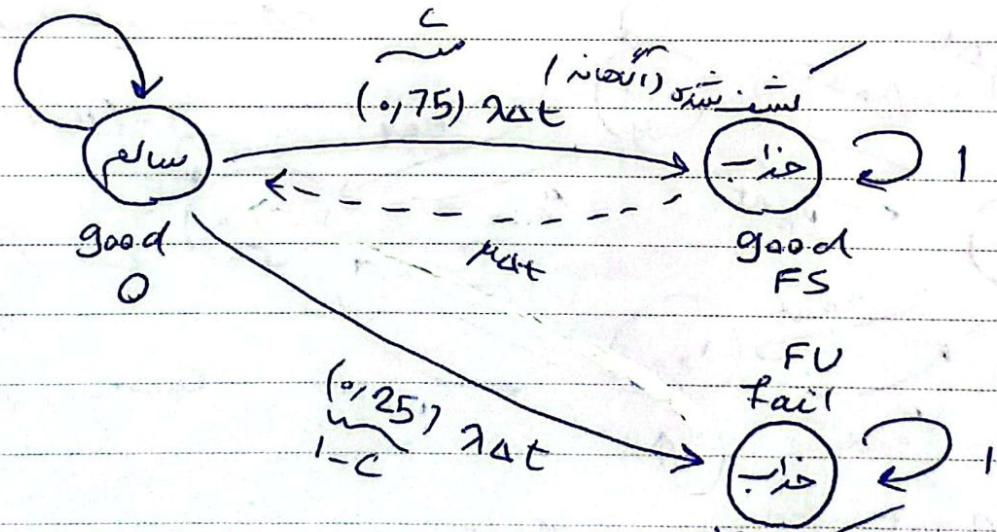
$$\Rightarrow S(t) > R(t)$$

برای ریاضی درون از سف خواهد خواهد بود

Coverage  $\Rightarrow$  پوشش  $C$  است Safe است  $C = 1 - \lambda \Delta t$

\* سمع ساده ای را فرموده اید و دهندر خوبی با احتمال ۷۵٪ قابل پوشش است. معلوم است این سمع سست است.

$$1 - \lambda \Delta t$$



$$P_0(t+\Delta t) = P_0(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t)$$

$$P_{FS}(t+\Delta t) = P_0(t) (\lambda(0,75)\Delta t) + P_{FS}(t) \cdot 1$$

$$P_{FU}(t+\Delta t) = P_0(t) (\lambda(0,25)\Delta t) + P_{FU}(t) \cdot 1$$

خطیزی را از خود شکم و تغییر می کنیم

$$\left\{ \begin{array}{l} P'_0(t) = -\lambda P_0(t) \rightarrow \int_0^t \frac{P'_0(t)}{P_0(t)} = \int_0^t -\lambda \\ P'_{FS}(t) = \lambda c P_0(t) \\ P'_{FU}(t) = \lambda(1-c) P_0(t) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \ln P_0(t) = -\lambda t + \lambda_0 \\ \Rightarrow P_0(t) = e^{-\lambda t} \end{array}$$

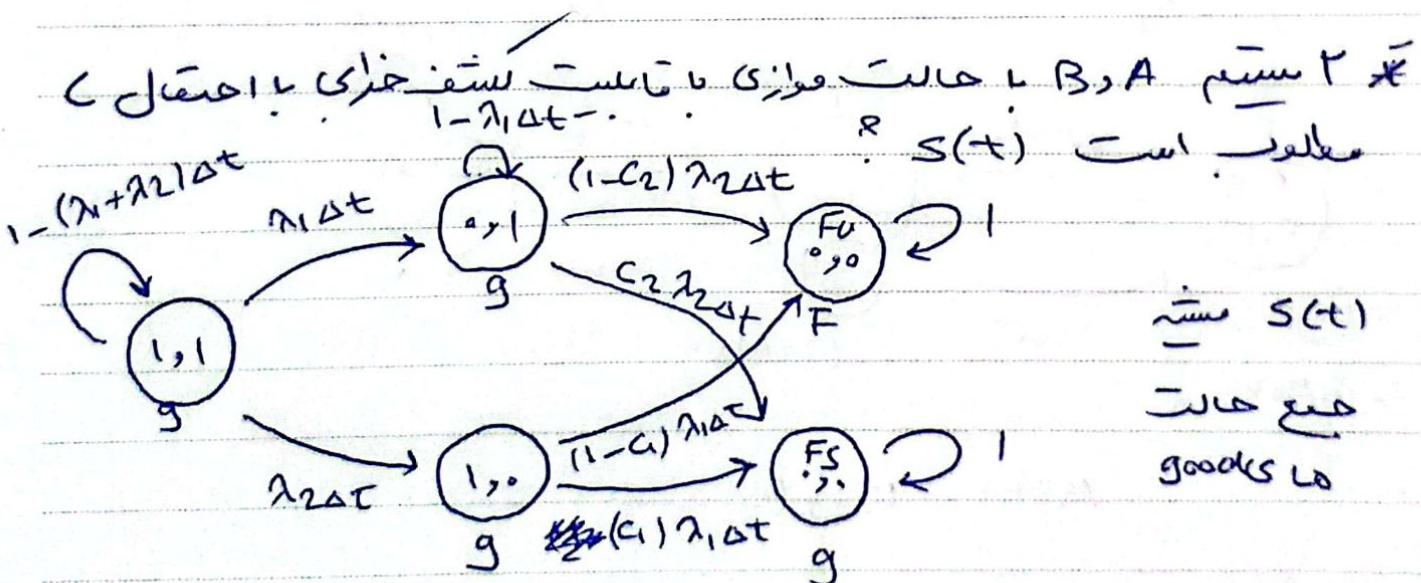
$$\int P'_{FS}(t) = \int_0^t \lambda c e^{-\lambda t}$$

$$P_{FS}(t) - P_{FS}(t=0) = -c e^{-\lambda t} \Big|_0^t = -c e^{-\lambda t} + c = c(1 - e^{-\lambda t})$$

$$S(t) = P_0(t) + P_{FS}(t)$$

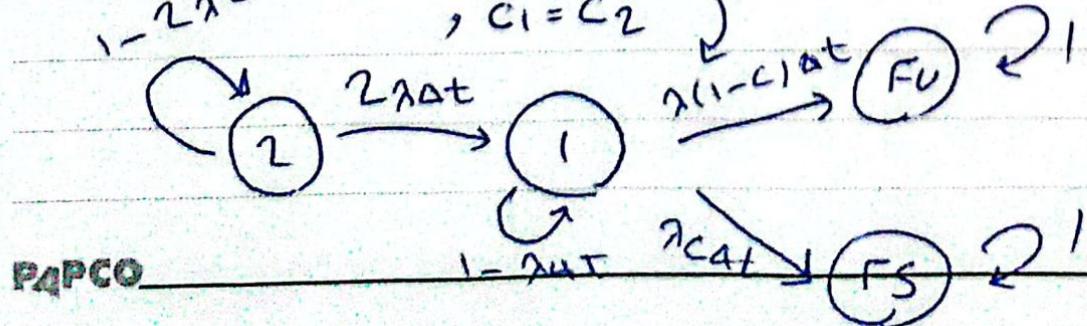
$$= e^{-\lambda t} + c(1 - e^{-\lambda t})$$

$$\Rightarrow R(t) + c(1 - R(t))$$



if  $\lambda_1 = \lambda_2$

,  $c_1 = c_2$



# Fault

Subject: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

خطای \*

## Maintainability:

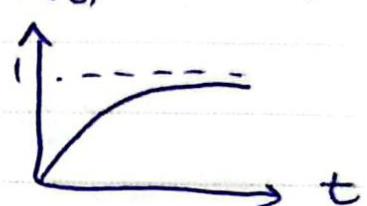
$1 - \mu_{\text{at}} \cdot \text{ستم } M(t) = \text{متولی اس} *$



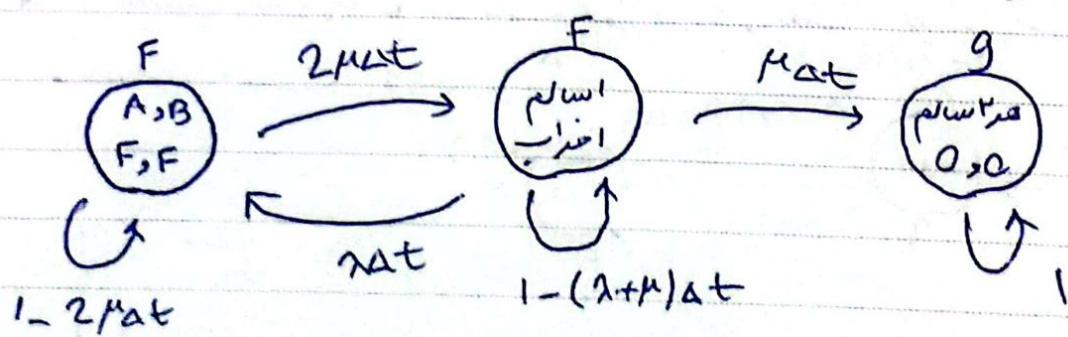
خطای بوجا  
ستم یعنی از  
 $F \rightarrow g$  خاتمه  
نباشد رفت

$$M(t) = P_0(t) = 1 - e^{-\mu_{\text{at}} t}$$

تابع الیا صعودی



?  $M(t) = P_0(t)$  سیستم مولی اس  $\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2$   
 $\mu_1 = \mu_2, \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$  فرضیه  $\infty = \infty$  فقط تعداد تعمیر



$$M(t) = P_{0,0}(t)$$

# Fault

Subject: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

۲۴ نویم

Performability : Prob { Performance(t) > L }

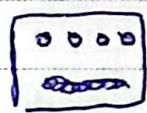
$$P(t, L)$$

جیست؟ چهار آزادی می شود؟

معنی سرعت

مثل: نه بیان زده جین هستای (کم هستای) سرعت خارجی در هر ساعت صفر و پن از است. مطالعه است قابلیت رای سرعت

$$\lambda t = L$$



$$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \right\}$$

→ ساعتی

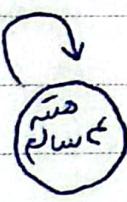
تعداد هستای  
سالم در حال

$$1 - 4\lambda t$$

$$1 - 3\lambda t$$

$$1 - 2\lambda t$$

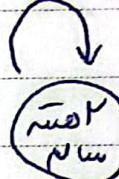
$$1 - \lambda t$$



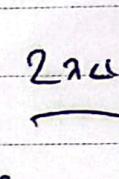
$$4\lambda t$$



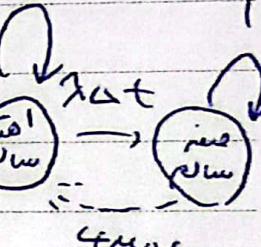
$$3\lambda t$$



$$2\lambda t$$



$$\lambda t$$



$$4\lambda t$$

امقدر تعداد هستای باقیمانده شدن هستی. (خط حینه)

$$P_4(t) = P(t, 4)$$

Fail & Performability \*

احتمال آن هست  
در زمان t در حالت  
بسته بوده است  
و سلام داشته باشد

نمایش

تعداد هست

~~P<sub>3</sub>(t)~~ 
$$P(t, 3) = \text{Prob} \{ \text{Per-}(t) \geq 3 \}$$

$$= P_3(t) + P_4(t)$$

$$P(t, 2) = P_2(t) + P_3(t) + P_4(t)$$

~~P<sub>4</sub>(t)~~ 
$$P(t, 1) = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t)$$

$$P(t, 0) = 1$$

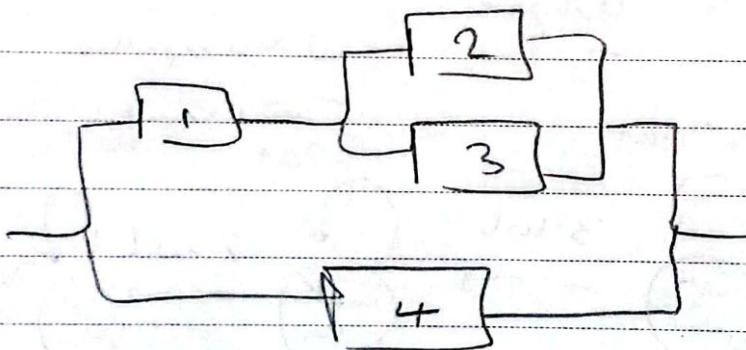
Subject: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

$$1-2) \rightarrow 1 - R_1 R_2 \rightarrow 1 - (1-R_1)(1-R_2)$$

$$4,5,6 \rightarrow 1 - (1-R_4)(1-R_5)(1-R_6)$$

مکانیزم

$$\rightarrow R_{sys} = (1 - (1-R_1)(1-R_2)) \cdot R_3 \cdot (1 - (1-R_4)(1-R_5)(1-R_6))$$



$$\text{موزعی 3,2} \quad 1 - (1-R_2)(1-R_3)$$

$$\text{موزعی 1,1} \quad (1 - (1-R_2)(1-R_3)) R_1$$

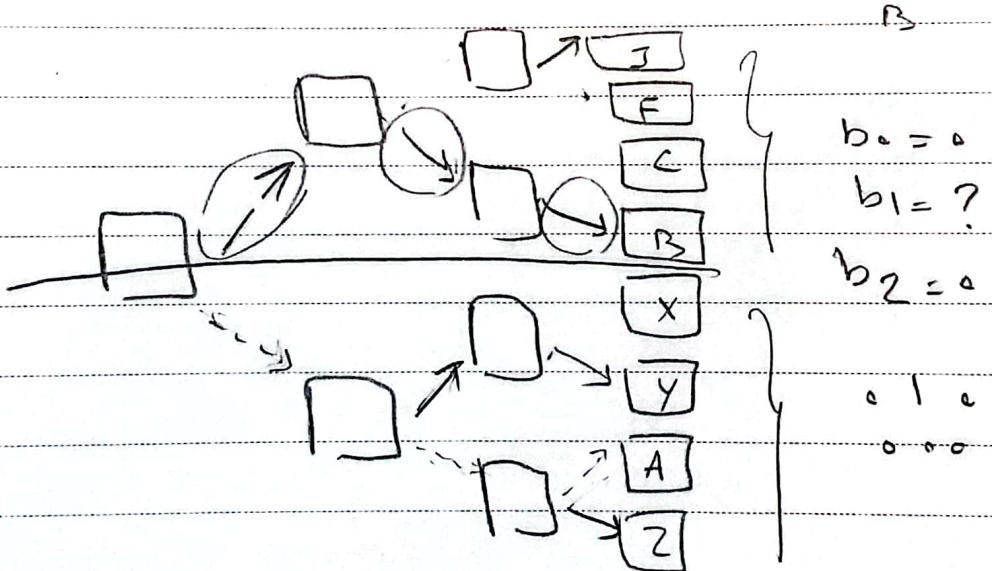
$$\text{موزعی 4,1} \quad 1 - (1 - (1 - (1-R_2)(1-R_3) \cdot R_1))(1-R_4)$$

Subject: \_\_\_\_\_  
Date \_\_\_\_\_

(1)

$$(1 - (1 - R_1)(1 - R_2)) \cdot R_3 \cdot (1 - (1 - R_4)(1 - R_5)(1 - R_6))$$

X Y X X P Q R A



B : LRU

MRU : A