



دانشگاه سمنان

دانشگاه سمنان، دانشکده مکانیک

# کنترل اتوماتیک

مقدمه

مدرس: دکتر نیکوبین

## مقدمه

### هدف از علم کنترل

هدف علم کنترل تدوین تئوریها، اصول و قواعد لازم برای تنظیم رفتار یا کمیت یک سیستم میباشد. اگر به این تعریف با دقت بیشتری توجه کنیم می بینیم که از سه بخش تشکیل شده است.

سیستم

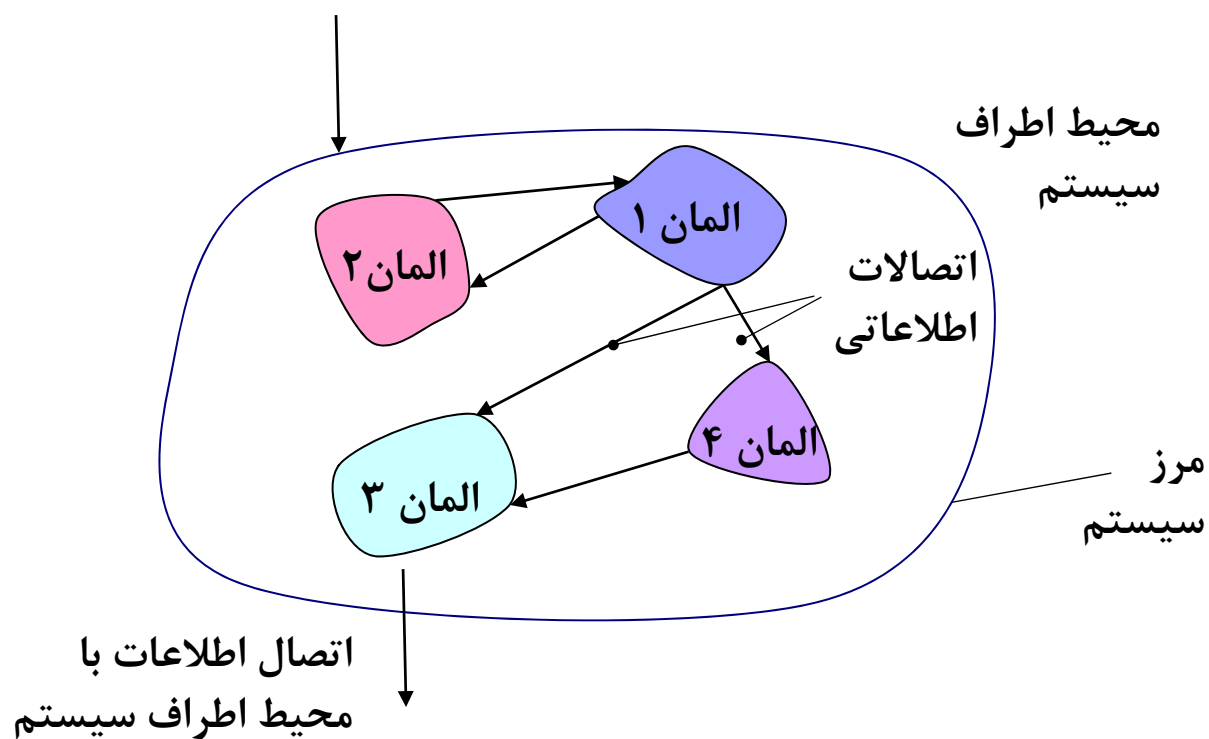
رفتار یا کمیتی که باید تنظیم شود

اصول و قواعد لازم

## مقدمه

### سیستم

به هر مجموعه از المانها که داخل یک مرز مشخص قرار دارند و توسط یک سری اتصالات اطلاعاتی به هم متصل شده اند، سیستم میگویند.



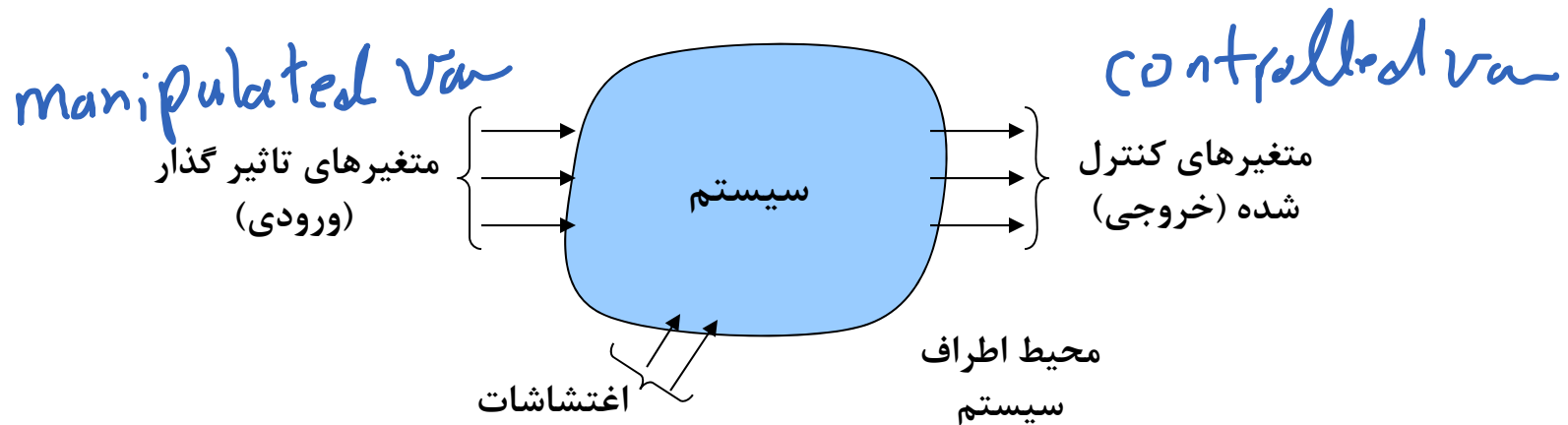
## مقدمه

### متغیرهای سیستم برای هر سیستم میتوان سه سری متغیر تعریف کرد

متغیرهای کنترل شده یا خروجی (Controlled variables): کمیت یا شرطی که اندازه گیری و کنترل میشود.

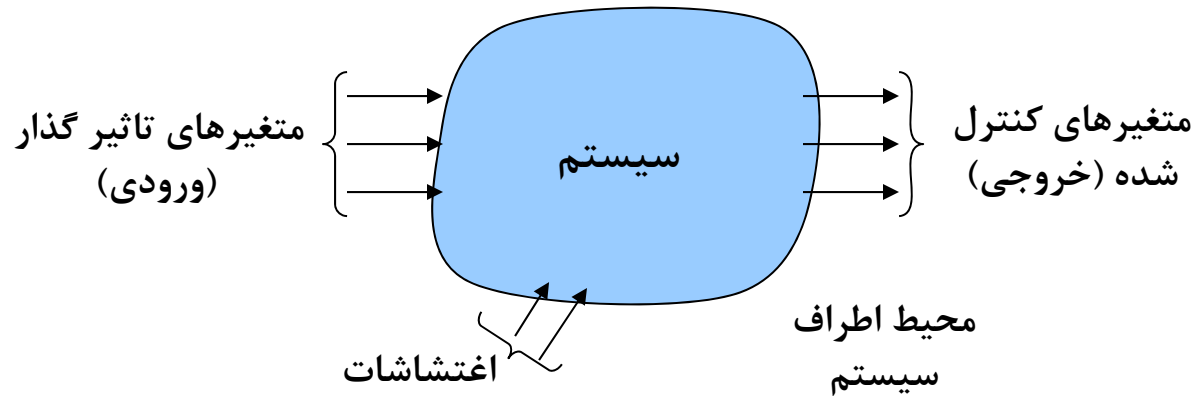
متغیرهای تاثیرگذار یا ورودی (Manipulated variables): کمیت یا شرطی که تغییر داده میشود تا بر متغیر تحت کنترل تاثیر بگذارد.

متغیرهای اغتشاش (Disturbance variables): کمیتی که در جهت تغییر خروجی سیستم عمل میکند. ورودی اغتشاش قابل تنظیم نیست.



## مقدمه

## متغیرهای سیستم



اگر به تعریفی که در ابتدا ارائه شد برگردیم و آنرا با شکل بالا مقایسه کنیم، میتوان گفت که کمیت یا رفتاری که باید تنظیم شود همان خروجی سیستم یا متغیرهای کنترل شده میباشد. "اصول و قواعد لازم" نیز همان متغیرهای تاثیر گذار یا ورودی های سیستم میباشد.

در حقیقت هدف از کنترل یک سیستم تعیین مقدار ورودی جهت رساندن خروجی سیستم به مقدار مطلوب در حضور اغتشاشات وارد بر سیستم میباشد.



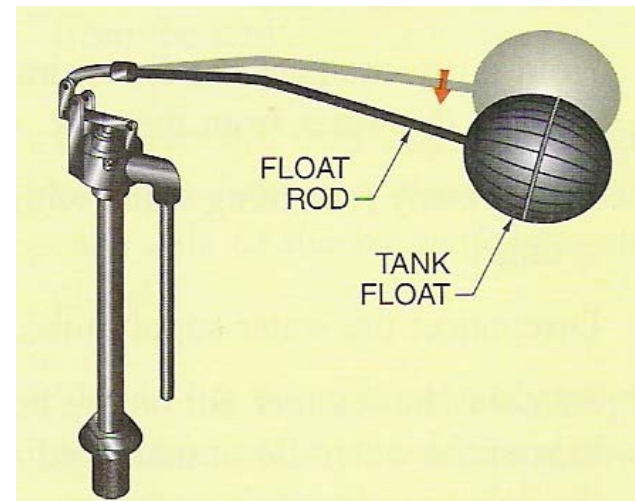
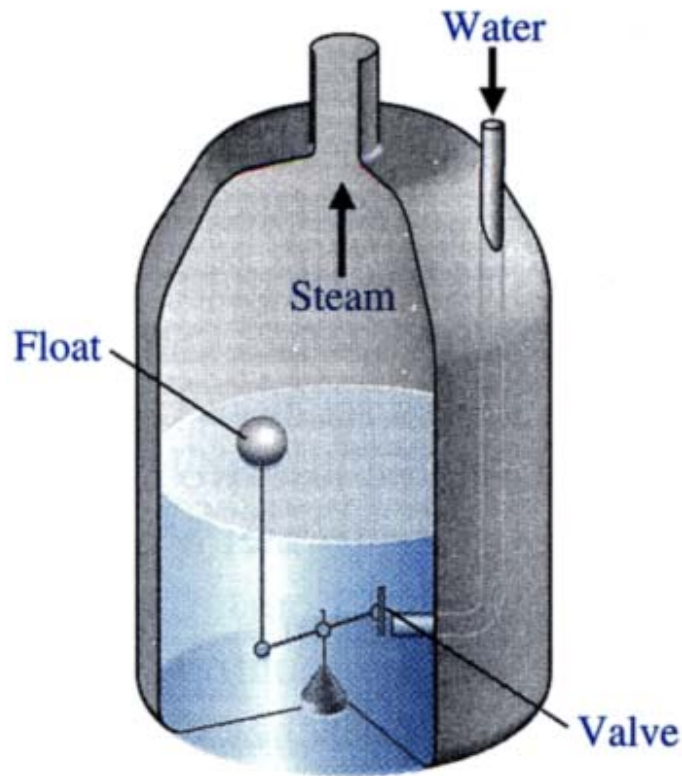
## مقدمه

# مثالهایی از سیستم کنترل شناور تنظیم کننده سطح آب

خروجی: ارتفاع سطح آب

ورودی: آب ورودی به مخزن

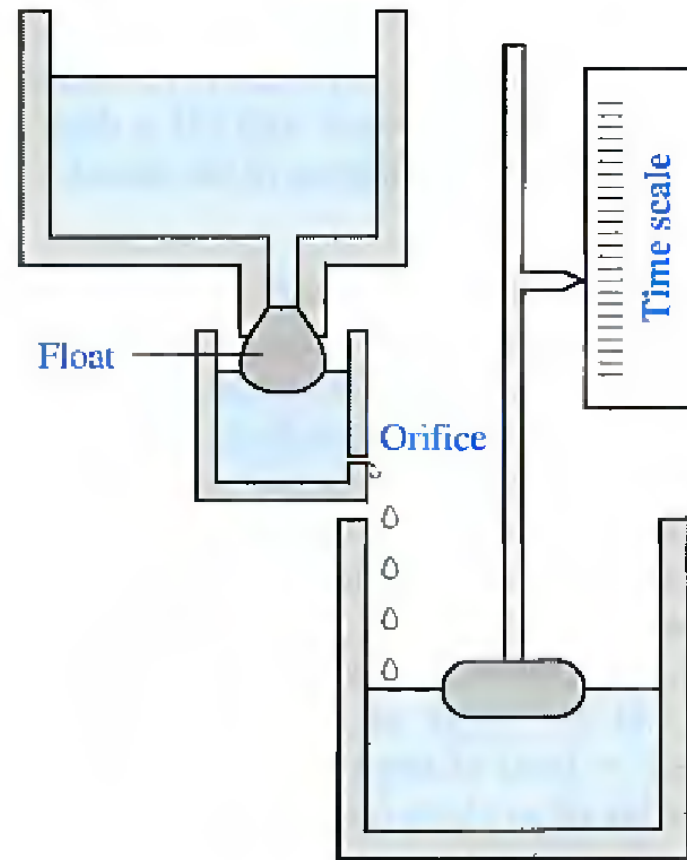
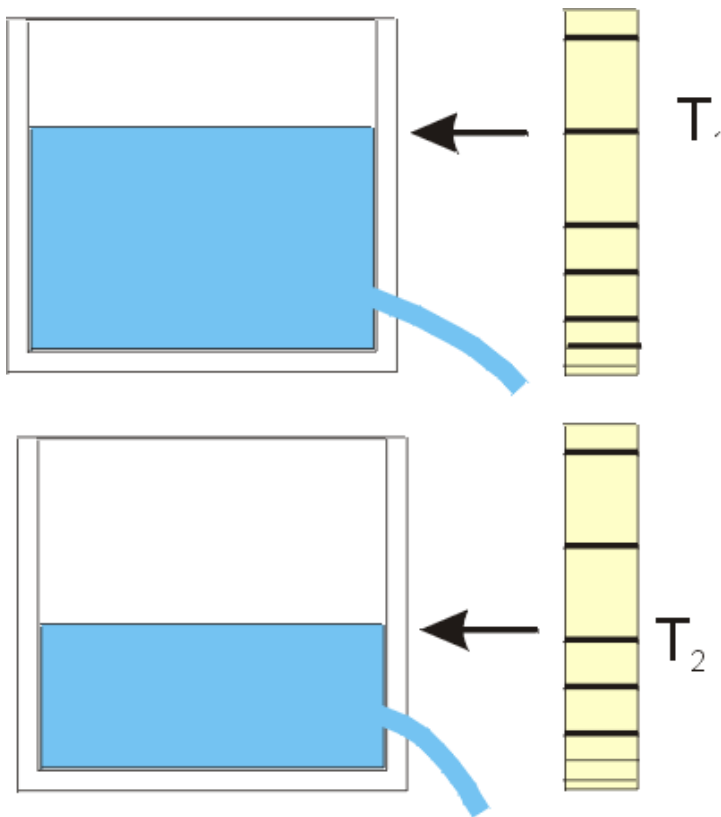
اغتشاش: آب خروجی از مخزن



# مقدمه

## ساعت آبی

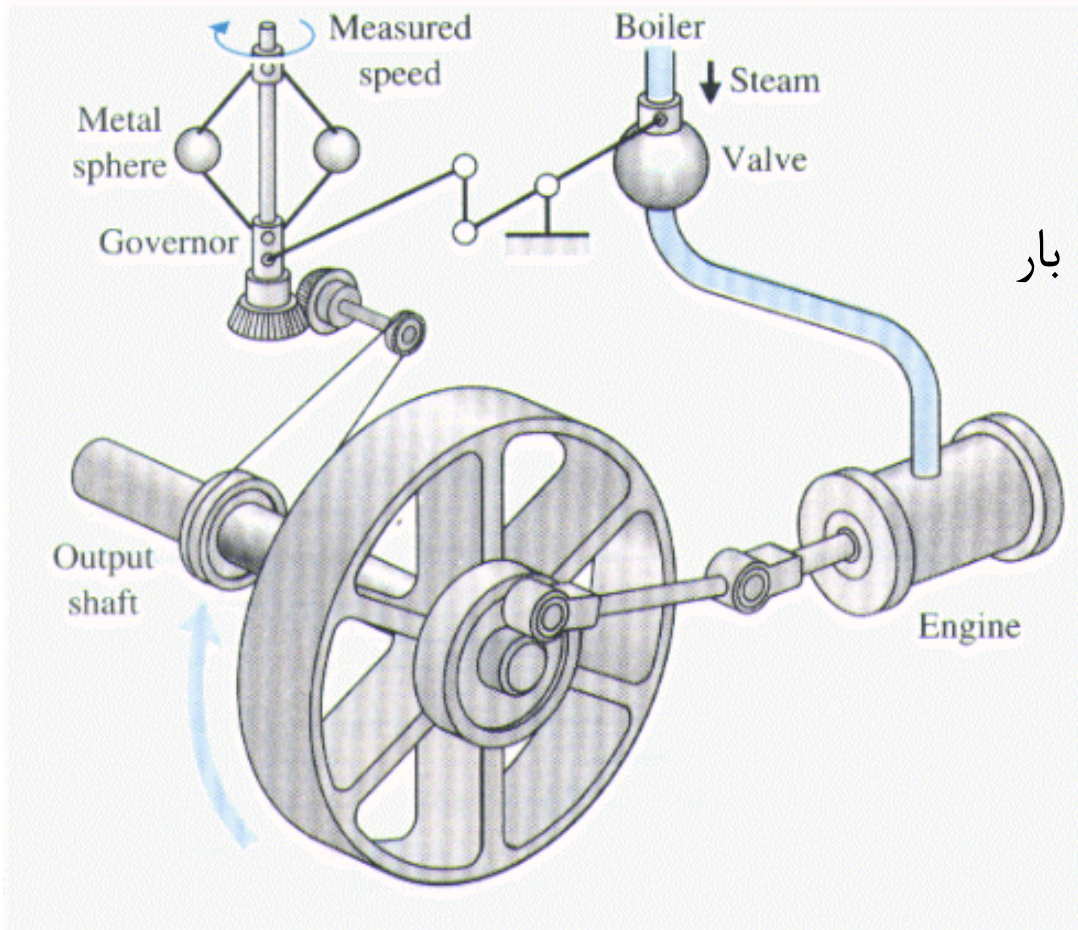
## مثالهایی از سیستم کنترل



## مقدمه

### کنترل سرعت وات

### مثالهایی از سیستم کنترل



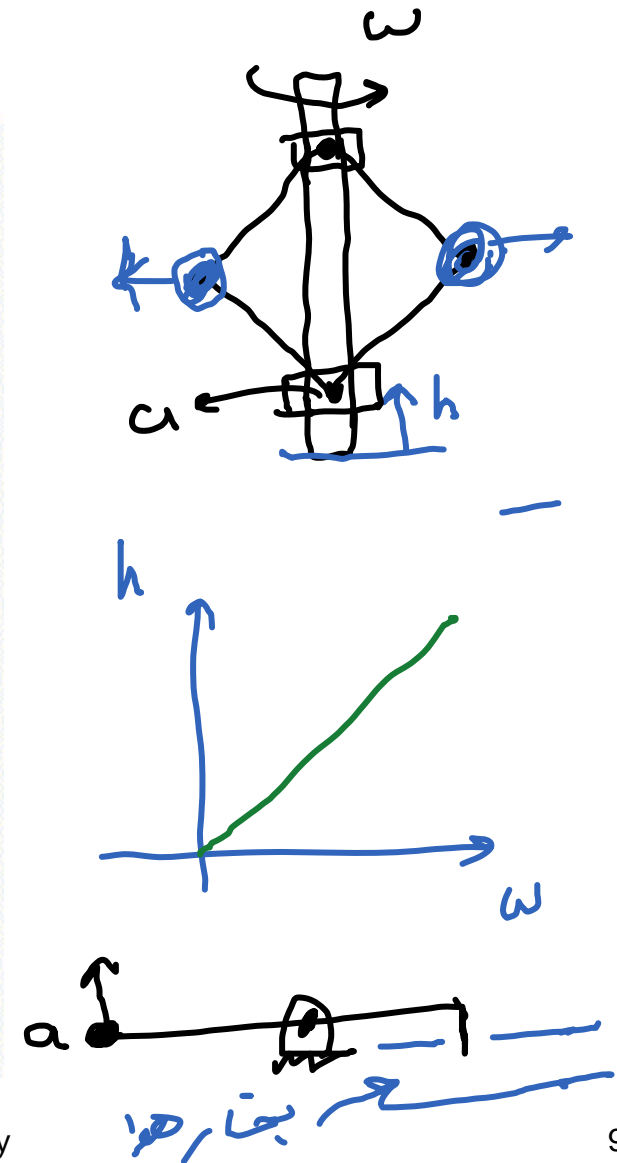
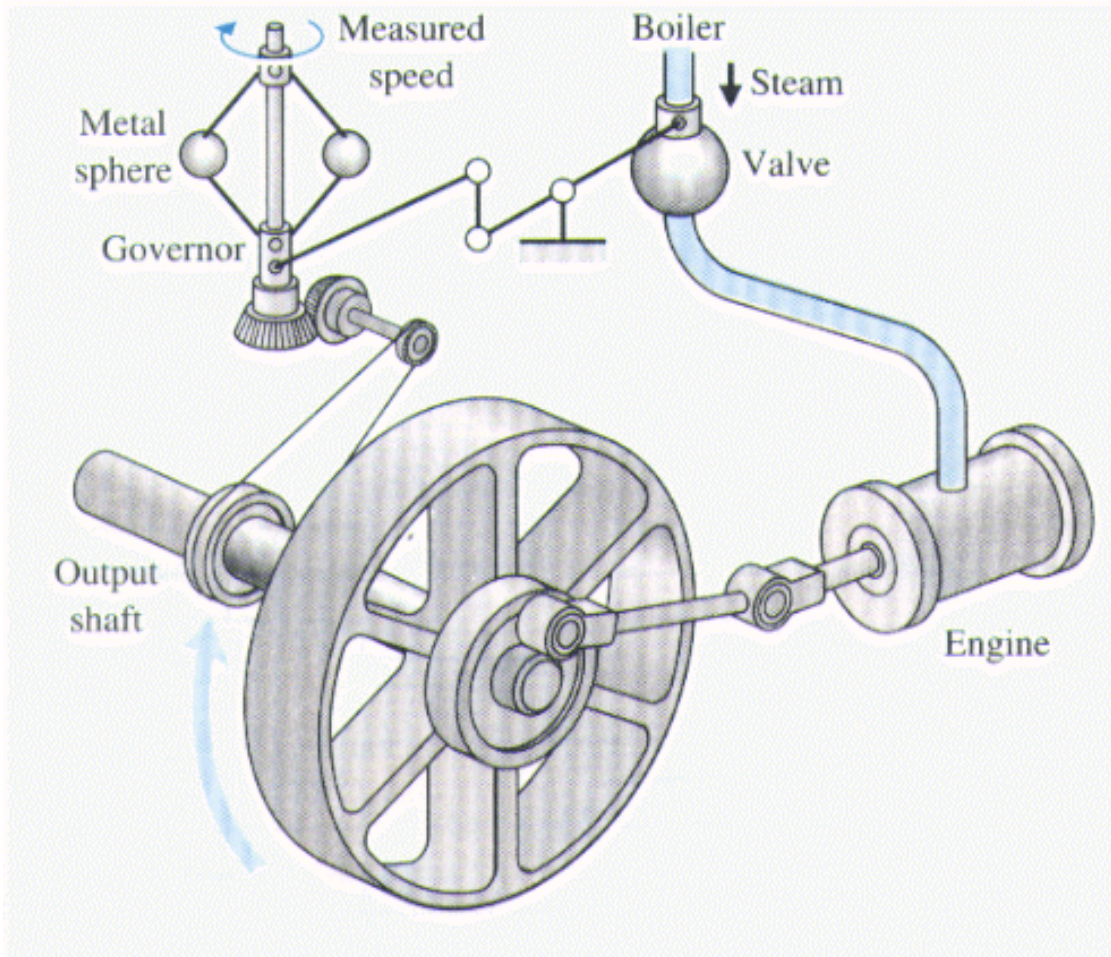
سیستم تحت کنترل: ماشین (بار)

متغیر کنترل شده (خروجی): سرعت بار

سیگنال تاثیر گذار: بخار ورودی

اغتشاش: شیب جاده





## مقدمه

### کنترل دمای اتاق

### مثالهایی از سیستم کنترل

سیستم تحت کنترل: اتاق

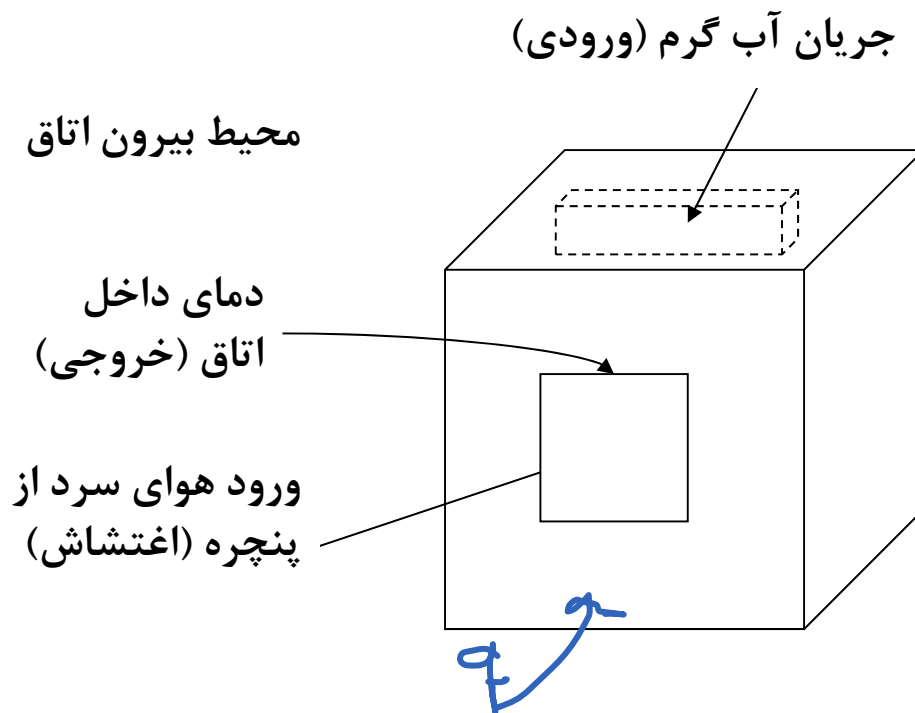
متغیر کنترل شده: دمای اتاق

سیگنال تاثیر گذار: جریان آب گرم

اغتشاش: اتلاف گرما از پنجره

دبی هوای خف سرد

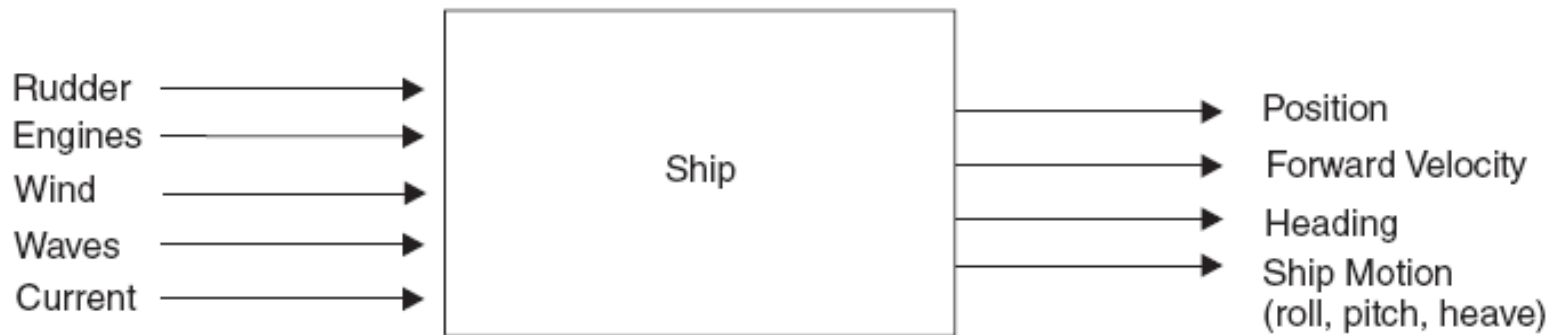
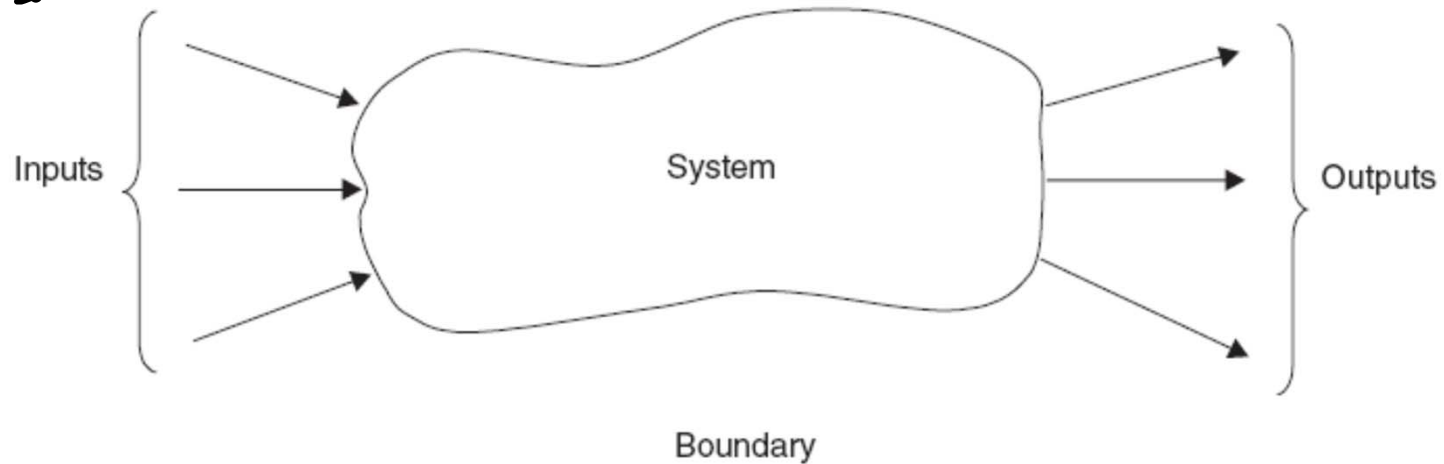
ورودی: دبی حرارتی



# مقدمه

## مفهوم سیستم

SISO  
MIMO



# مقدمه

## مفهوم سیستم

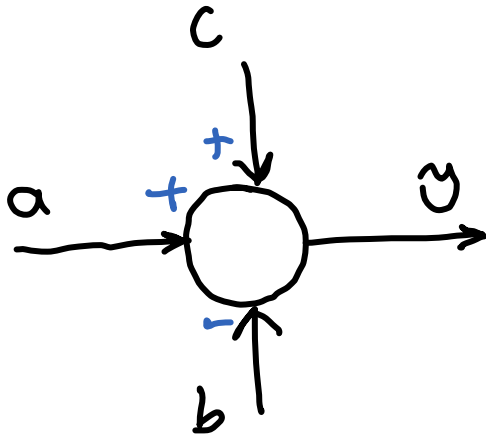
مثالهایی از سیستمهای مختلف و متغیرهای آنها

نوع سیستم	کمیت مطلوب	متغیر تاثیر گذار (ورودی)	متغیر کنترل شده (خروجی)	سیستم کنترلی
سیستم مهندسی	۲۴ درجه	جریان آب گرم	دمای اتاق	اتاق
سیستم مهندسی	نقطه یا مسیر مشخص	گشتاور	موقعیت پنجه ربات	ربات
سیستم مهندسی	مقدار مطلوب	دبی مواد اولیه	غلظت مواد خروجی	راکتور شیمیایی
سیستم مدیریتی	۱۰ میلیون	تصمیمات مدیر	سود کارخانه	کارخانه
سیستم اقتصادی	مقدار مطلوب	تصمیمات دولتی	قیمت اجناس	کشور

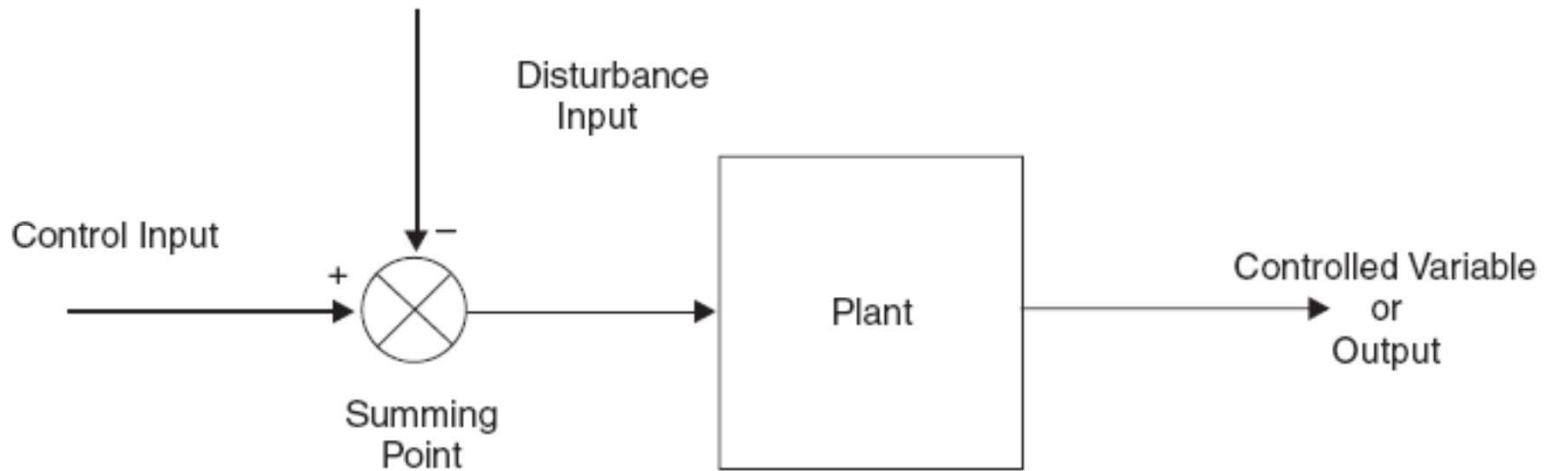
# مقدمه

نحوه ترسیم سیستمهای کنترلی

دیاگرام بلوکی



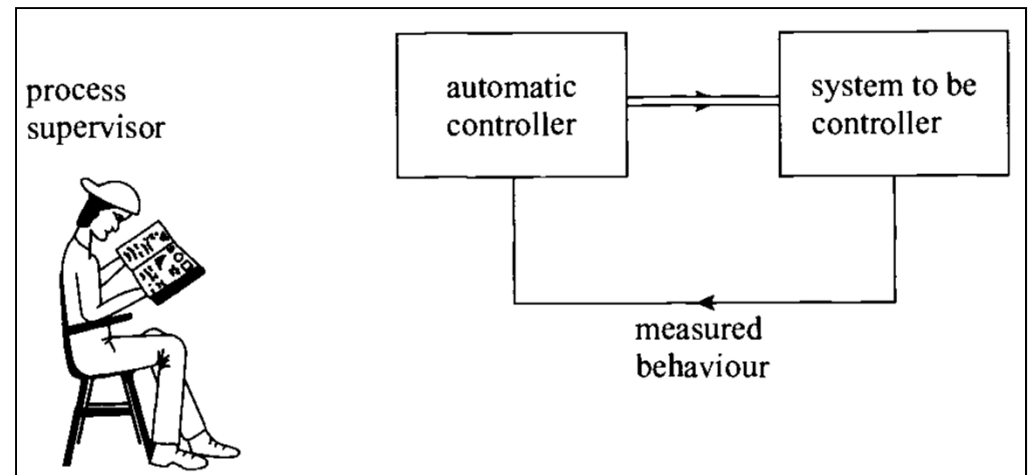
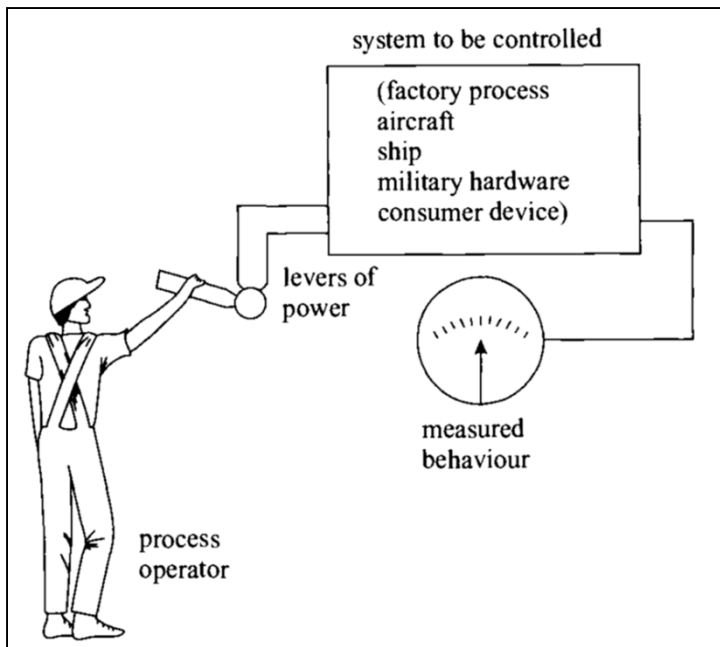
$$y = a + c - b$$



# مقدمه

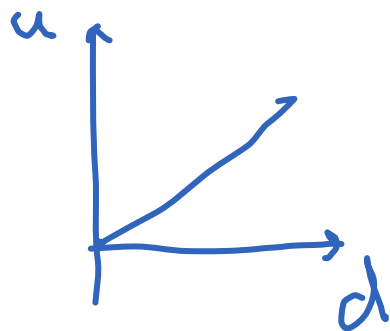
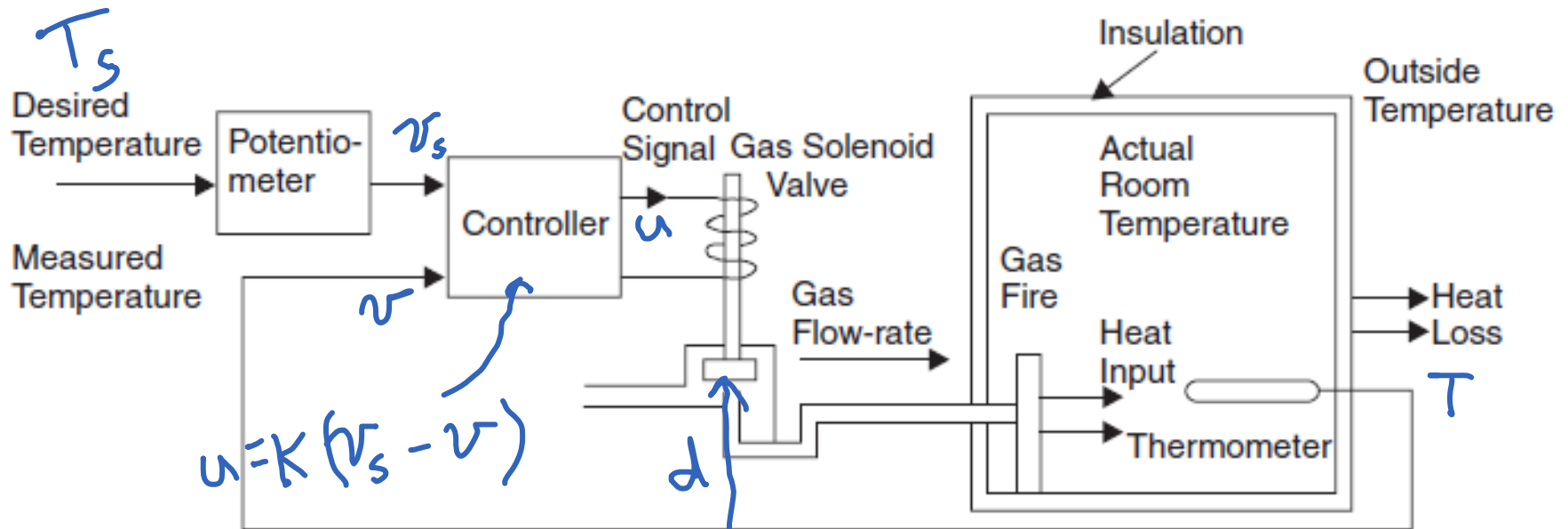
## کنترل اتوماتیک چیست؟

کنترل اتوماتیک را به طور ساده به این صورت میتوان تعریف کرد.  
جایگزین کردن گارکر با یک کنترل کننده اتوماتیک،



# مقدمه

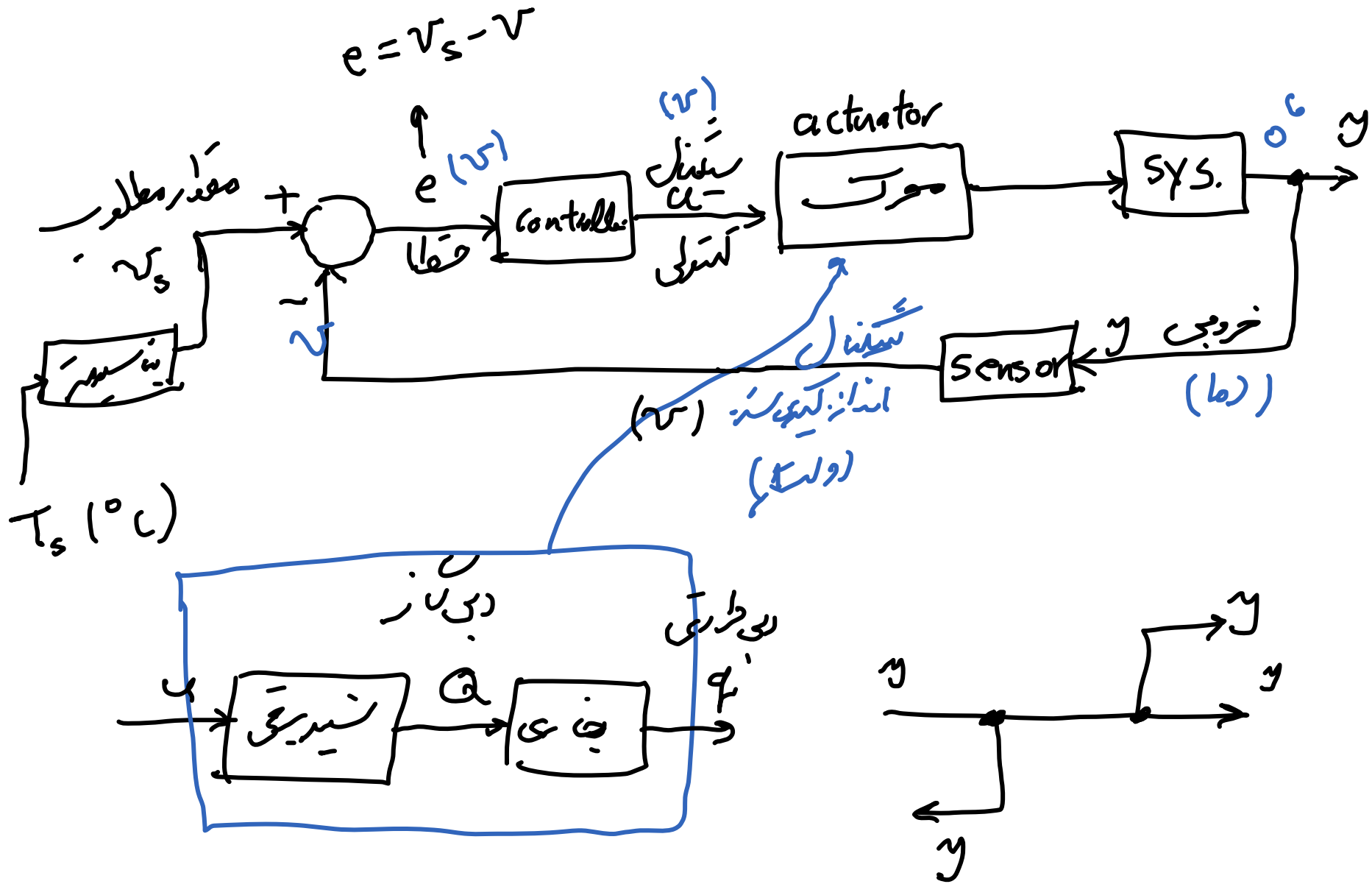
## کنترل دمای اتاق      ملزومات دیگر سیستم کنترل



سیستم کنترل دمای اتاق

کنترل تناسبی

کنترل روشن خاموش

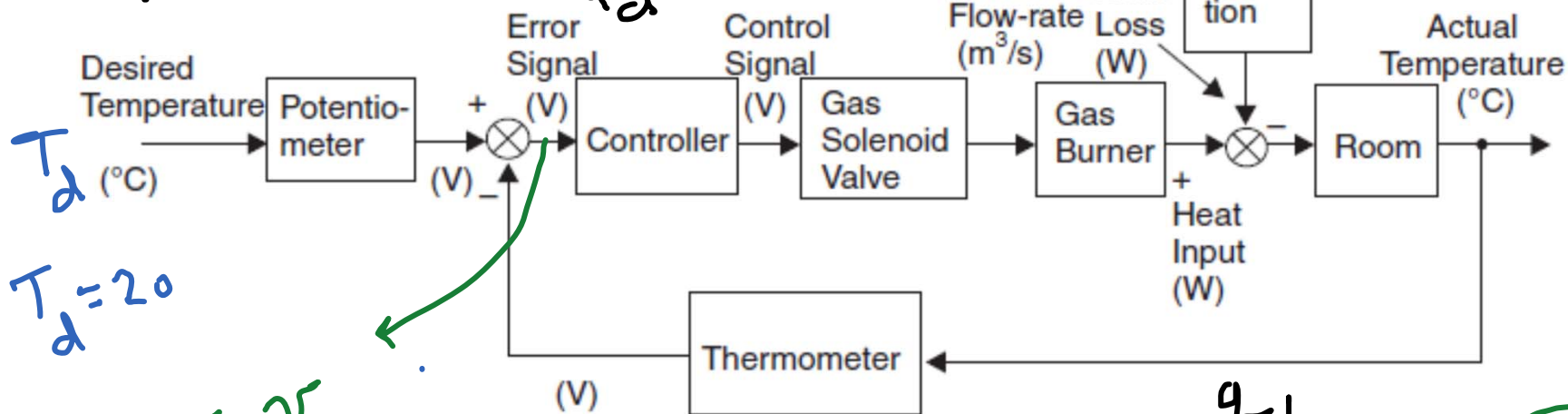
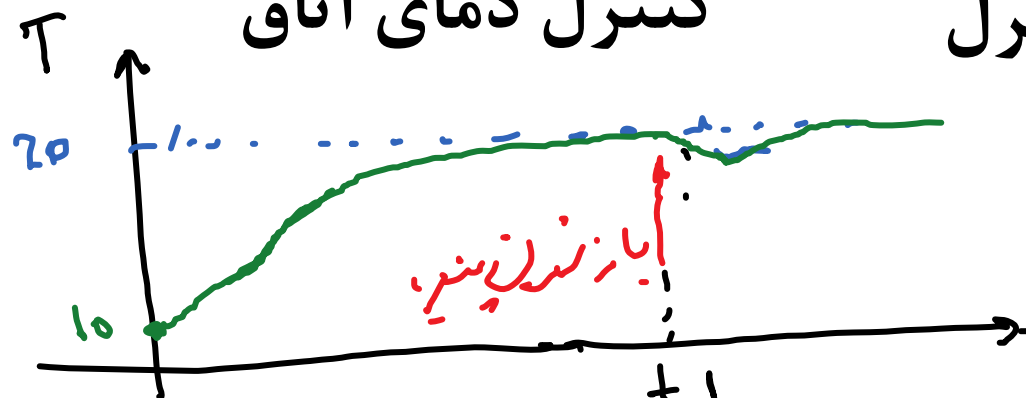




# مقدمه

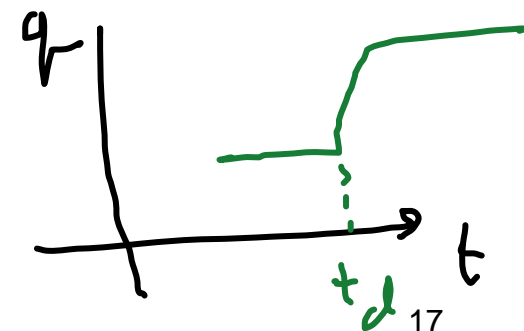
## کنترل دمای اتاق

## ملزومات دیگر سیستم کنترل



$T_d$  (°C)  
 $T_d = 20$   
 $e = v_d - v$

## دیاگرام بلوکی سیستم کنترل دمای اتاق

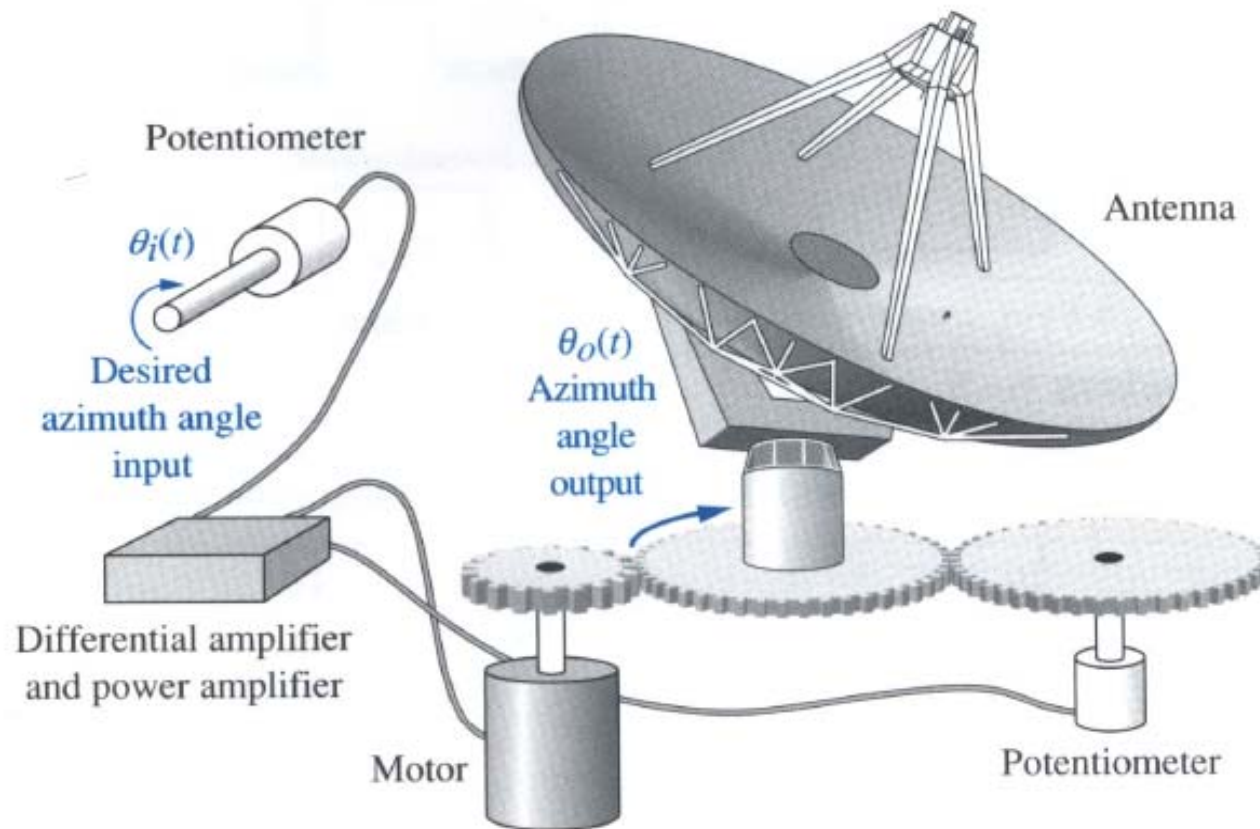


# مقدمه

سیستم کنترل رادار

مثالهای دیگر

سیستم کنترل رادار با استفاده از پتانسیومتر (کنترل آنالوگ)

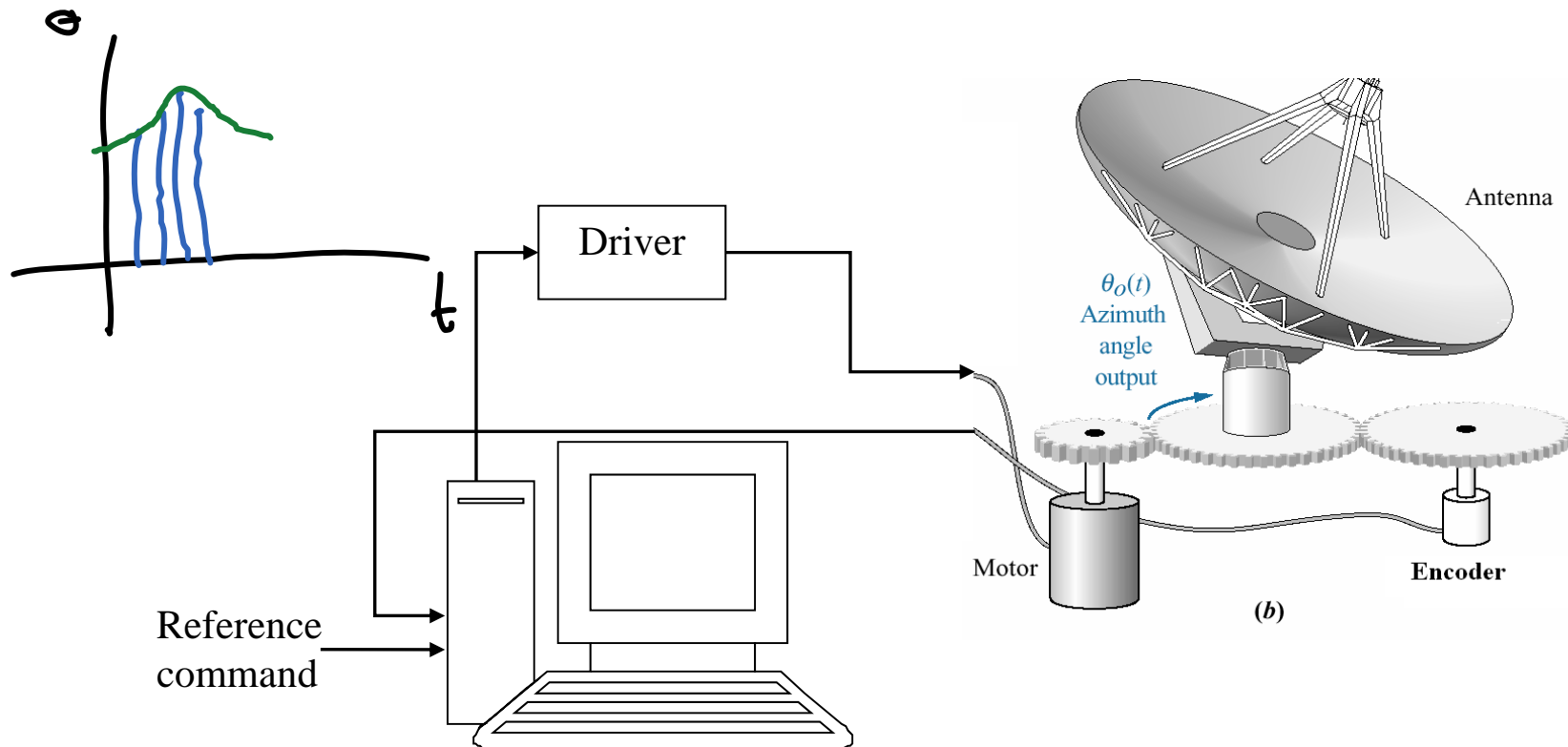


# مقدمه

## سیستم کنترل رادار

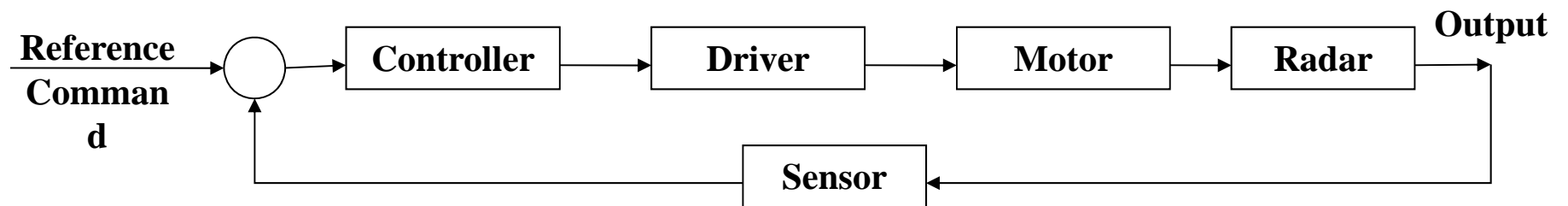
## مثالهای دیگر

سیستم کنترل رادار با استفاده از اینکدر (کنترل دیجیتال)

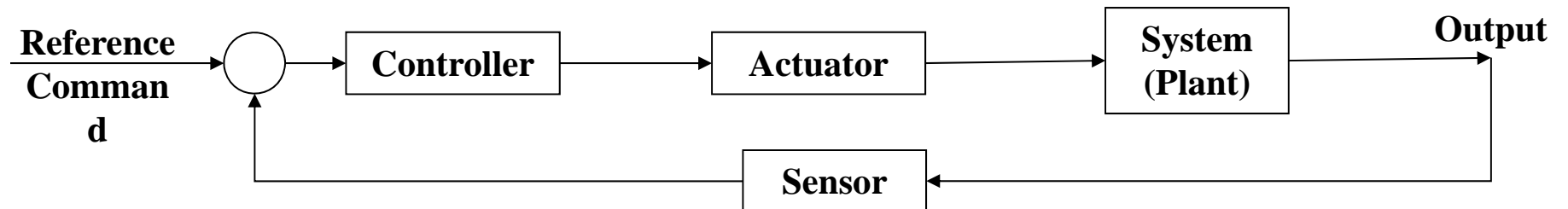


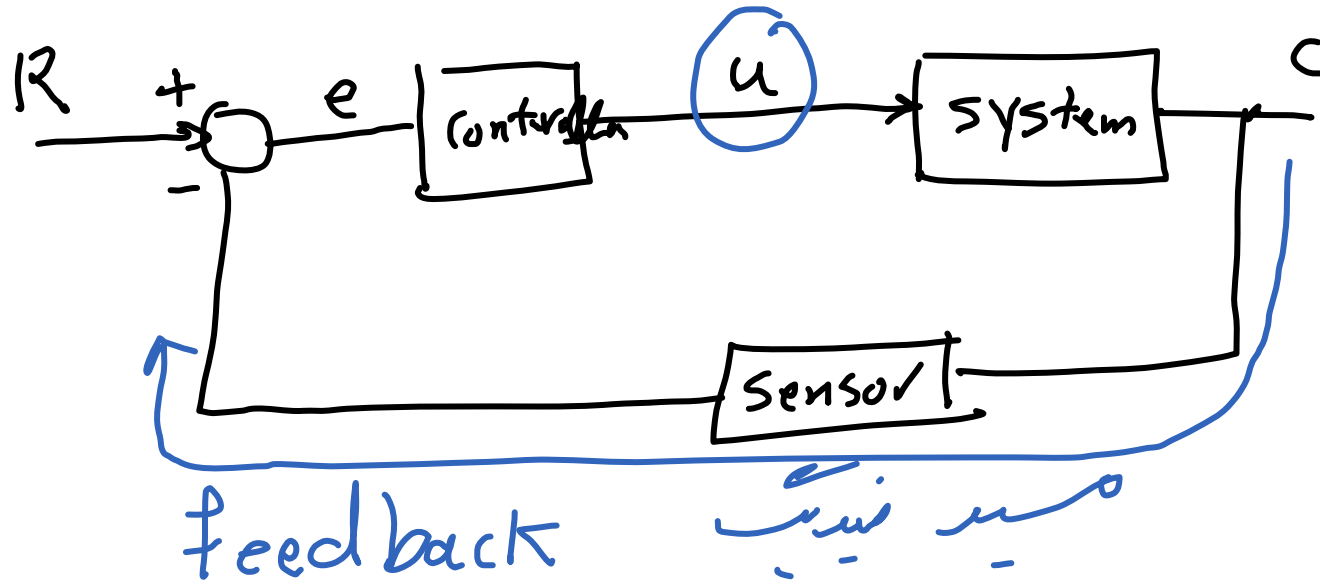
# مقدمه

## دیاگرام بلوکی سیستم کنترل رادار



## دیاگرام بلوکی سیستم های کنترل



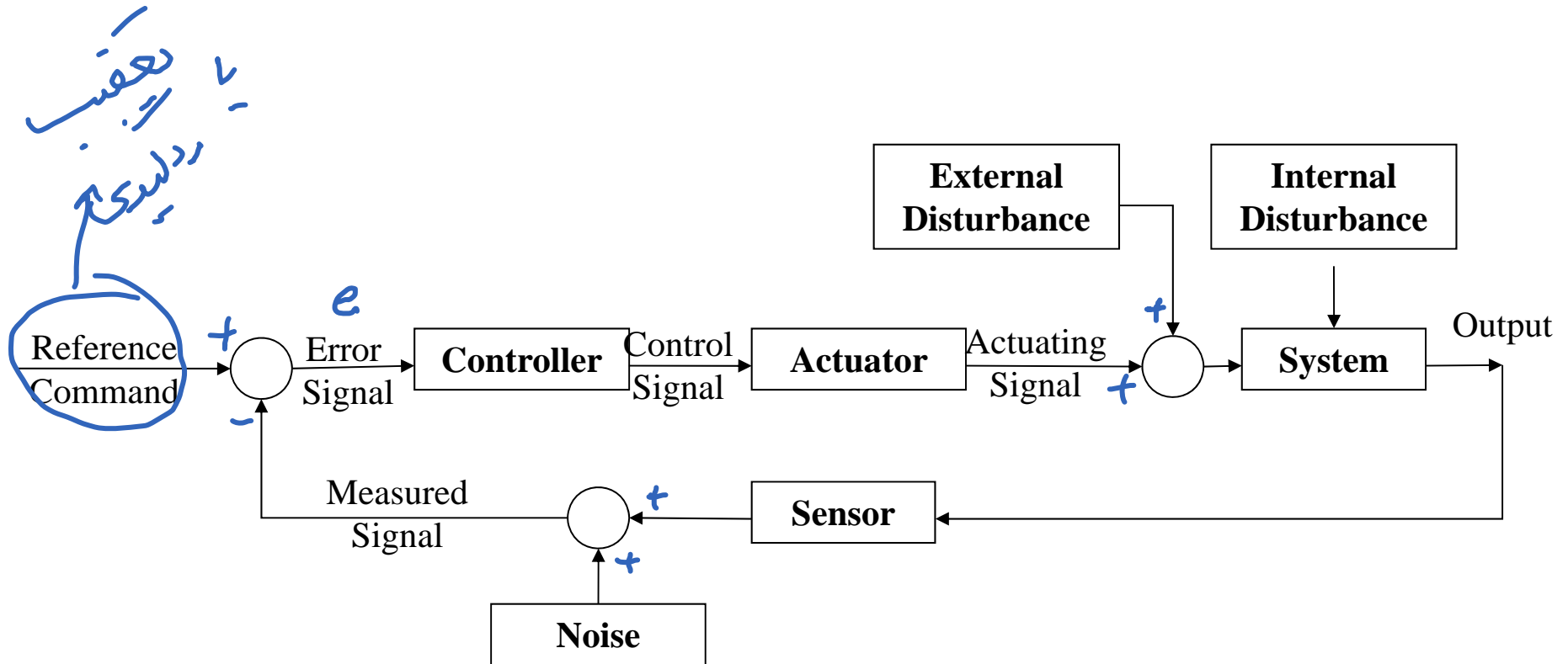


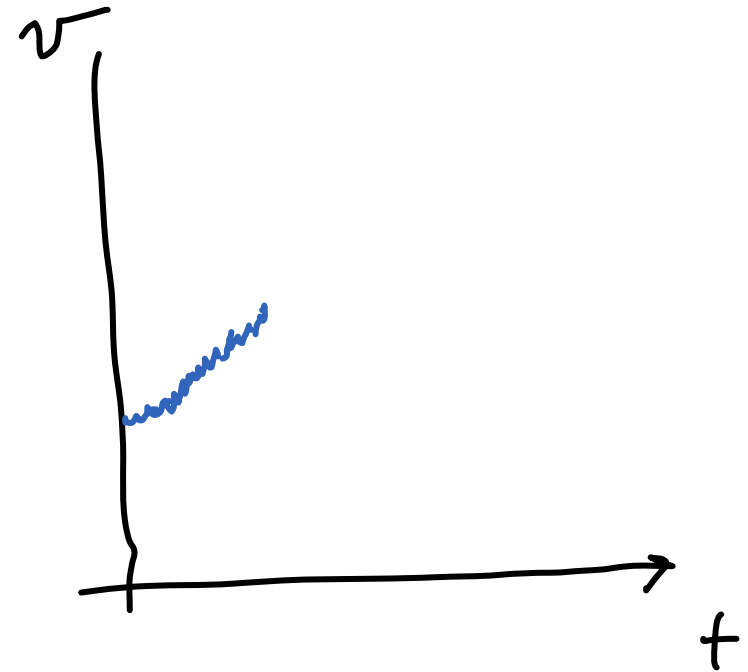
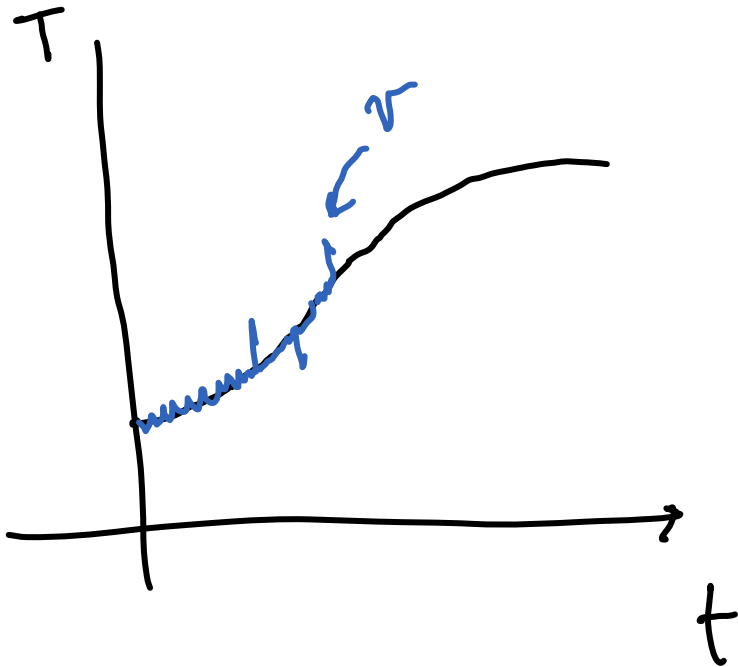
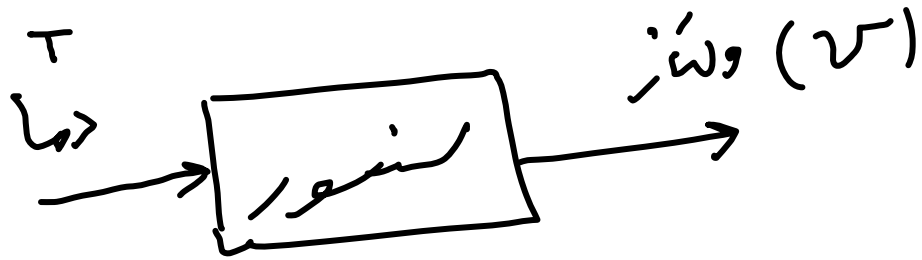
Close loop

سیستم حلقه بسته

# مقدمه

## عناصر تشکیل دهنده سیستمهای کنترل





# مقدمه

## عناصر تشکیل دهنده سیستمهای کنترل

تعریف المانهای بکار رفته در این دیاگرام بلوکی:  
سیستم (System): مجموعه ای از قطعات و المانها که با هم ترکیب شده اند و کار معینی را انجام میدهند.  
خروجی (Output): پارامتری از سیستم که میخواهیم آنرا کنترل کنیم.  
ورودی مرجع (Reference command): مقداری که میخواهیم خروجی به آن برسد.  
سیگنال خطا (Error signal): اختلاف ورودی مرجع و خروجی.  
کنترل کننده (controller): المانی است که ورودی مناسب به سیستم را جهت کاهش خطا ایجاد میکند.  
فیدبک (Feedback): تاثیر دادن خروجی بر ورودی، فیدبک نامیده میشود.  
ورودی کنترلی (Signal control): خروجی کنترل کننده است که به سیستم یا محرک اعمال میشود.  
محرک یا کارانداز (Actuator): سیگنال کنترلی دریافتی را به سیستم اعمال میکند.  
سیگنال محرک (Actuating signal): خروجی محرک را میگویند و به عنوان ورودی سیستم شناخته میشود.  
سنسور (sensor): وسیله ای است که خروجی را اندازه گیری میکند.  
اغتشاش (Disturbance): هر ورودی ناخواسته به سیستم که منجر به تغییر خروجی گردد.  
نویز (Noise): هر ورودی ناخواسته به سنسور را نویز میگویند



# مقدمه

## عناصر تشکیل دهنده سیستم کنترل رادار

سیستم: رادار

کنترلر: برنامه ذخیره شده در کامپیوتر

محرک (کارانداز): مجموعه درایور، موتور و گیربکس

سنسور: اینکدر

فرمان ورودی: زاویه مطلوب رادار

سیگنال خطا: اختلاف بین فرمان ورودی و سیگنال اندازه گیری شده

سیگنال کنترل: خروجی کنترلر

سیگنال کارانداز: گشتاور موتور

اغتشاش خارجی: باد، اصطکاک

اغتشاش داخلی: پارامترهای نامعلوم در مدل دینامیکی رادار مثل جرم و ممان اینرسی

نویز: سیگنالهای ناخواسته روی خروجی اینکدر

# مقدمه

## ویژگیهای سیستم کنترل مطلوب

پایداری Stability



تبعیت خوب از فرمان مرجع Good Command Following



دفع اثر اغتشاش Disturbance Rejection



کاهش اثر عدم قطعیت‌های پارامتری Reduce the effect of parameter uncertainty



کاهش اثر نویز Noise Reduction

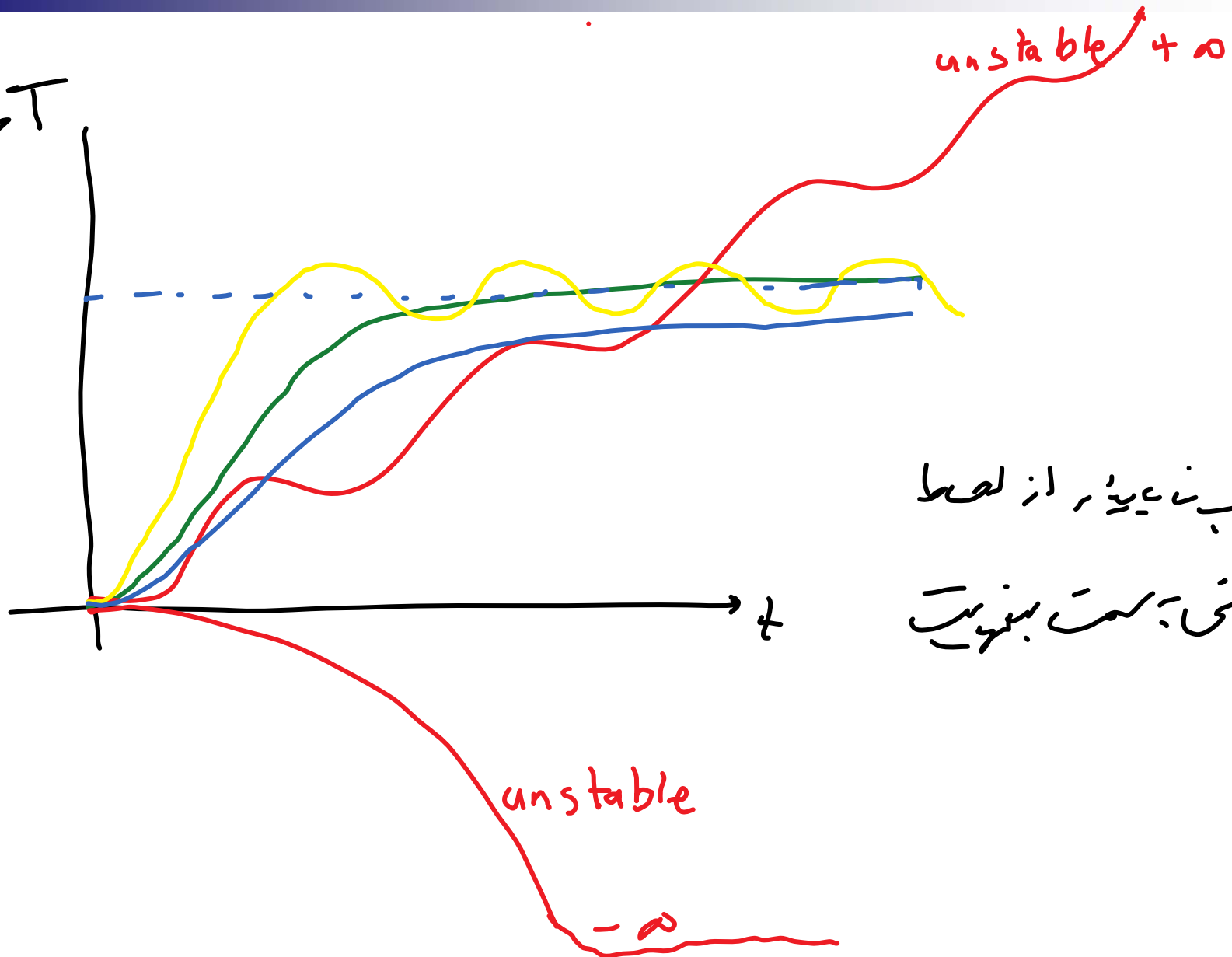


بهینه کردن (انرژی، زمان، گشتاور و ...)

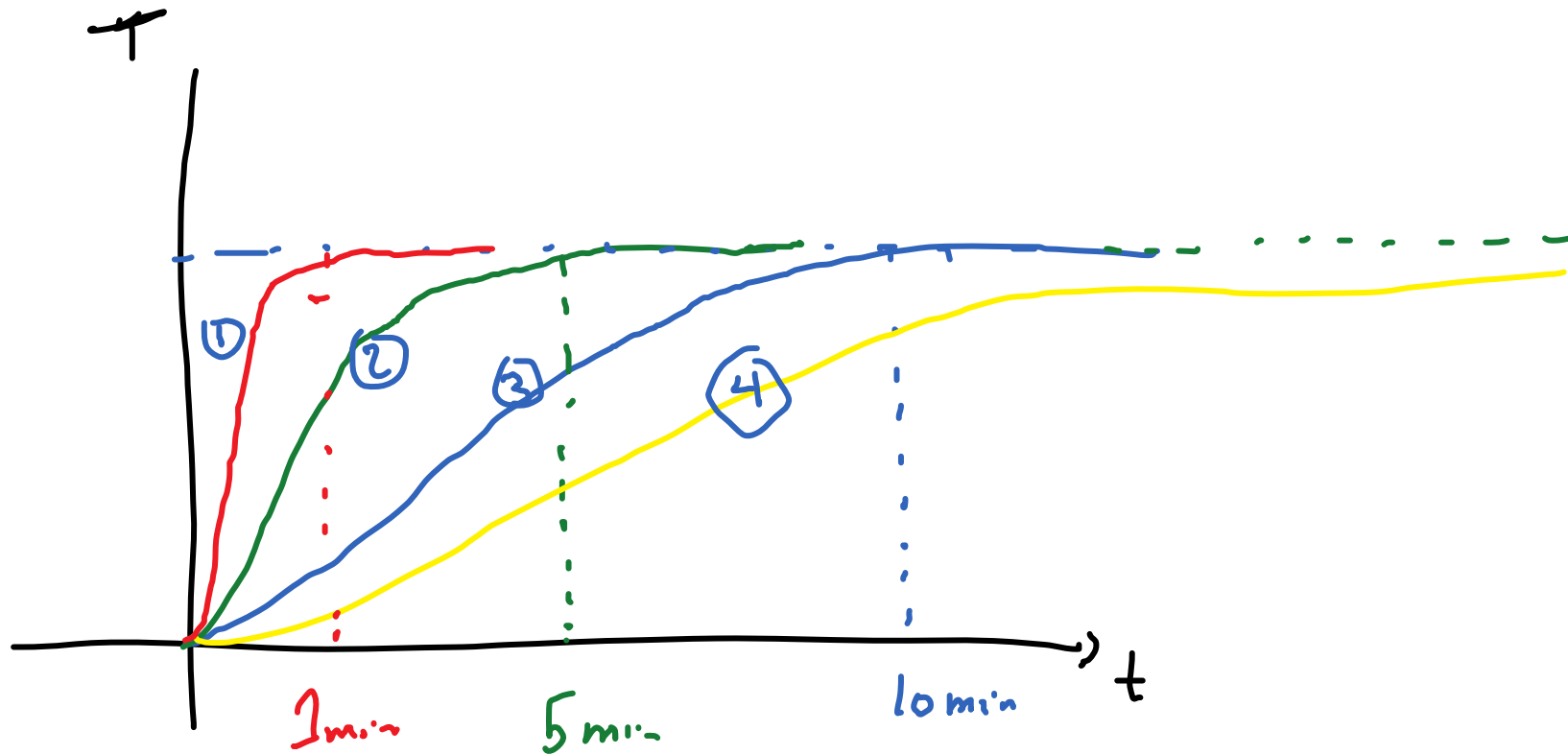




تخریبی

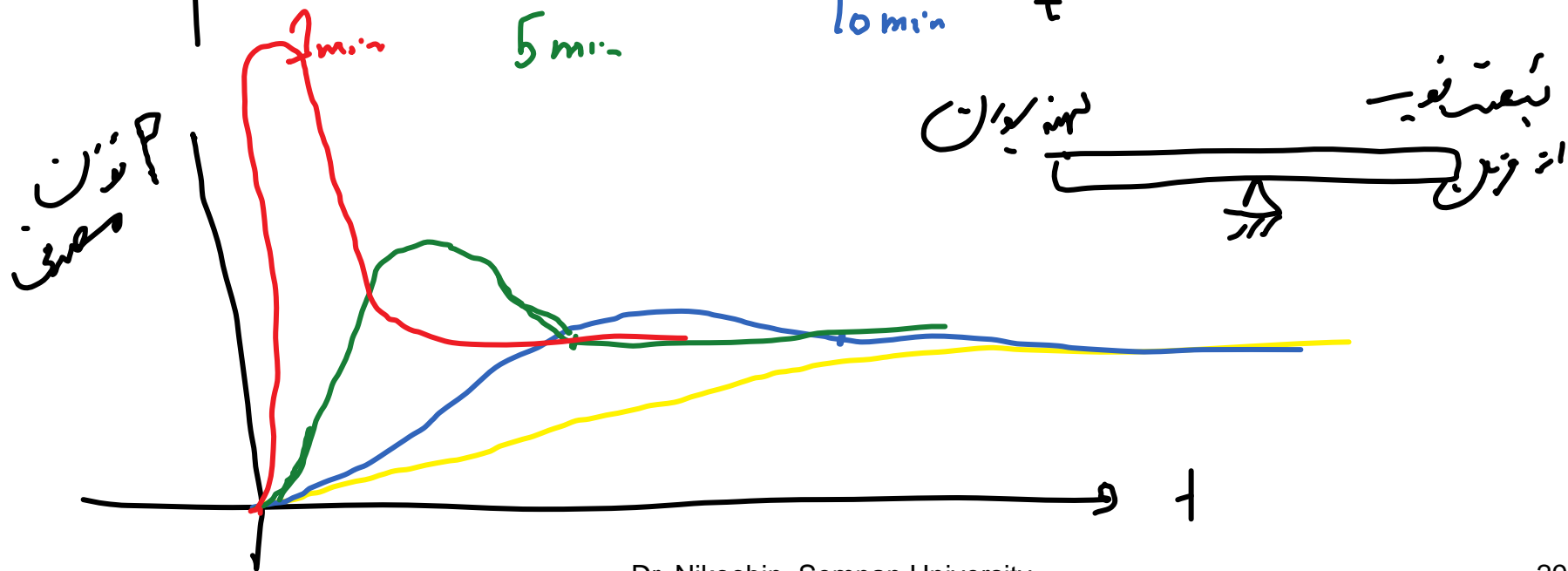
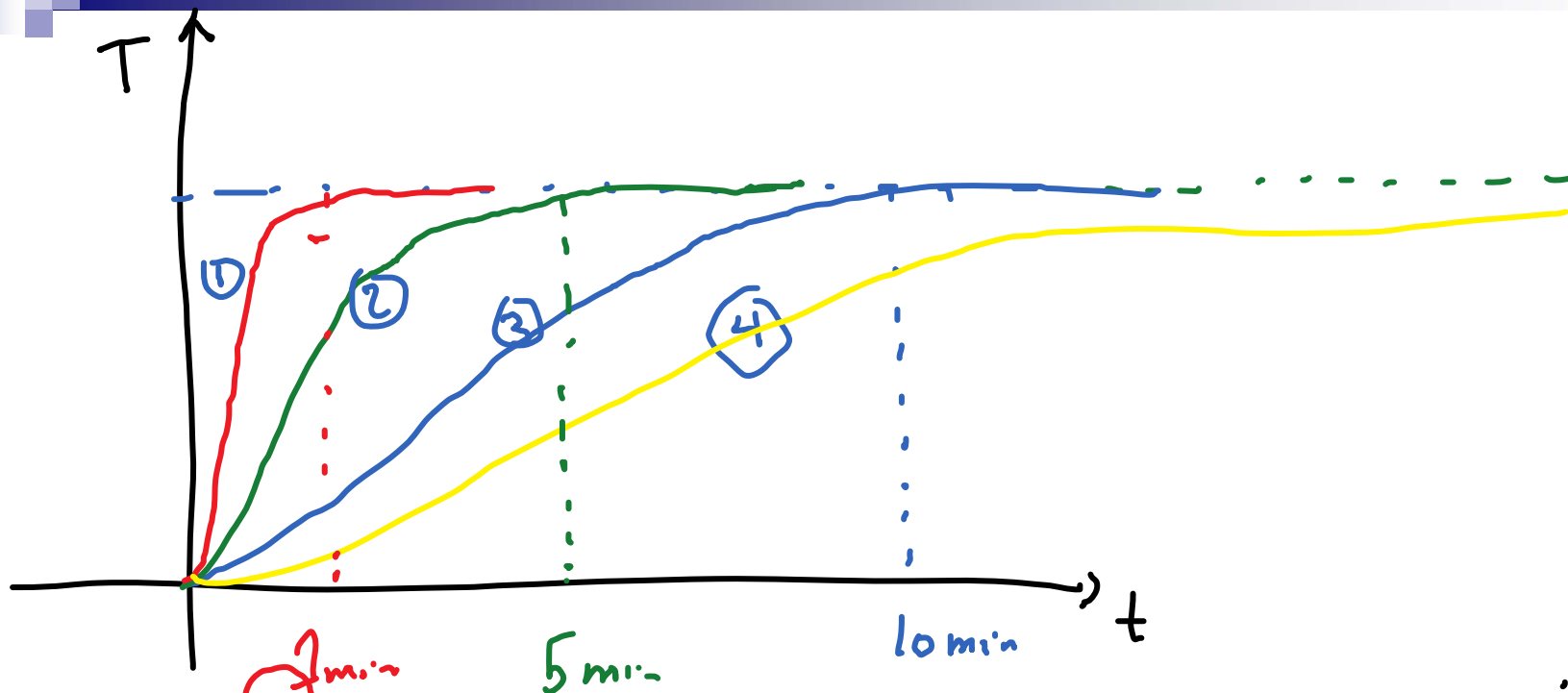


جذب ناپایدار از لحاظ  
ریاضی با کمیت به هم می‌رسد

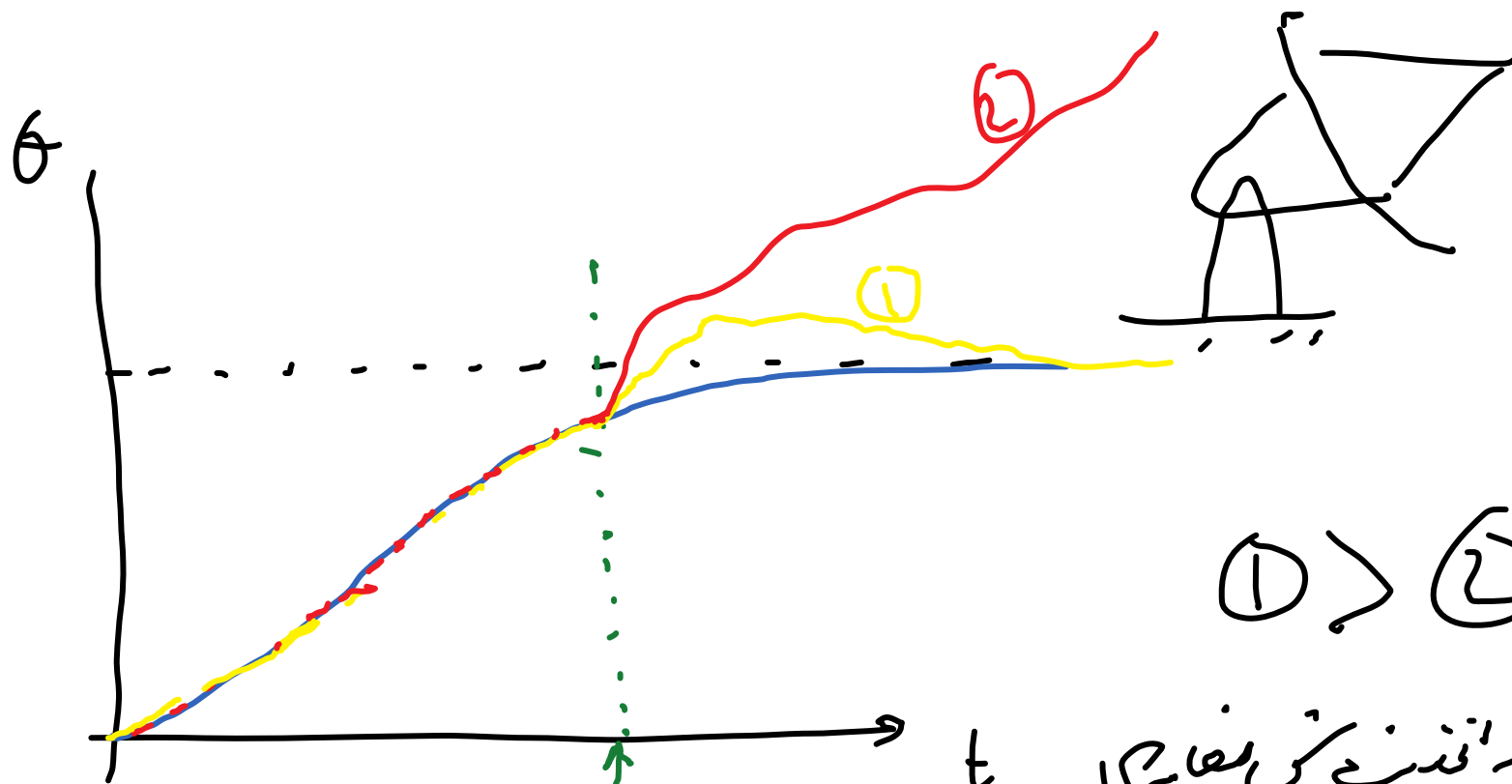


$$\textcircled{1} > \textcircled{2} > \textcircled{3} > \textcircled{4}$$

نسبت از غزین مربع



# دفع انداختن شش



$$① > ②$$

سیت - انداختن شش معادله  $t =$

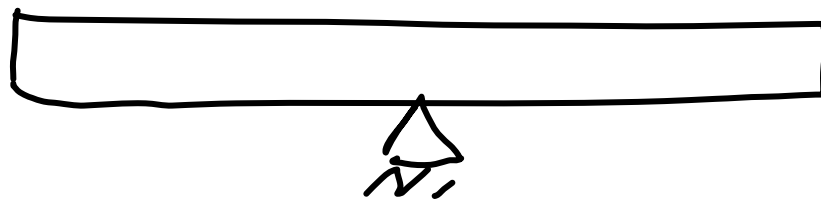
Robustness

بار انداختن

خدمت از نویر

خدمت از انجمن شمس

خدمت از نویر



- بیاداری

- تبادل بین دعوت و دادان معرفی

- تبادل بین خدمت انجمن شمس و نویر

## مقدمه

# تقسیم بندی سیستمهای کنترلی

## سیستمهای کنترلی تعقیب و تنظیم

باز نظر میزان مرجح

در بسیاری از موارد اگر بخواهیم کمیتی فیزیکی را نزدیک به مقدار مطلوب نگه داریم، نیاز به سیستم کنترل اتوماتیک خواهیم داشت .

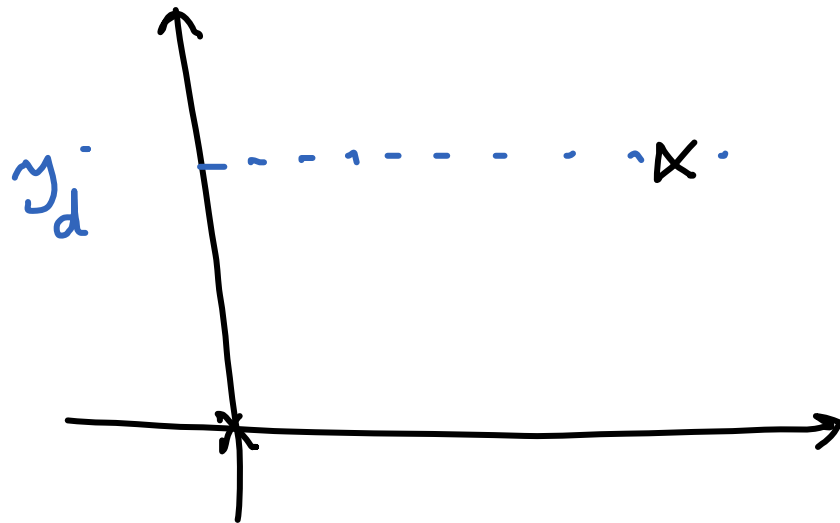
### تنظیم (Regulation) اگر مقدار مطلوب ثابت باشد

کنترل دور چرخش هارد دیسک کامپیوتر، قرار گیری پنجه ربات در موقعیت خواسته شده، قرار گیری رادار در یک موقعیت مشخص، میزان رطوبت موجود در مخلوط خمیر کاغذ

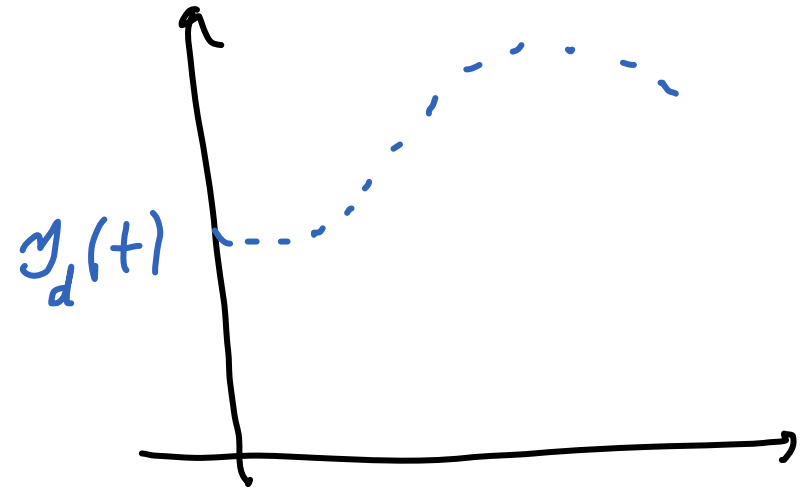
### تعقیب (Tracking, Servo control) اگر این مقدار مطلوب با زمان تغییر کند

حرکت بازوی یک روبات برای طی مسیری مشخص به منظور جوشکاری، کنترل پرواز هواپیما یا موشک در مسیر مورد نظر و یا تعقیب هدف متحرک توسط رادار یا تلسکوپ

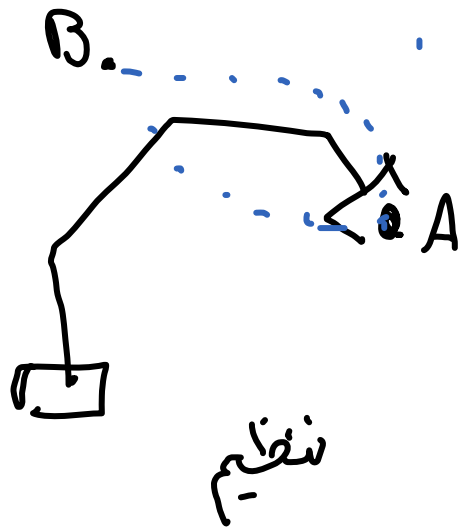




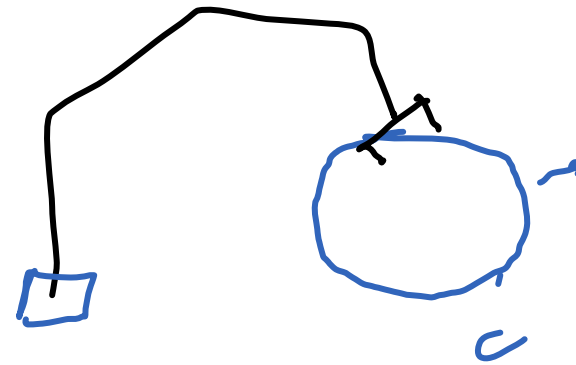
نظم



ردگیری



نظم



ردگیری

جذب  
صیب

## مقدمه

### تقسیم بندی سیستمهای کنترلی روشهای اساسی اعمال کنترل

هدف از کنترل یک سیستم تعیین مقدار ورودی مناسب و اعمال آن به سیستم میباشد  
به نحوی که خروجی به مقدار مطلوب برسد. در این بین سه روش اساسی به منظور  
اعمال ورودی مناسب به سیستم وجود دارد

■ کنترل حلقه باز (Open-loop Control)

■ کنترل پیش خور (Feedforward control)

■ کنترل فیدبک (Feedback control)

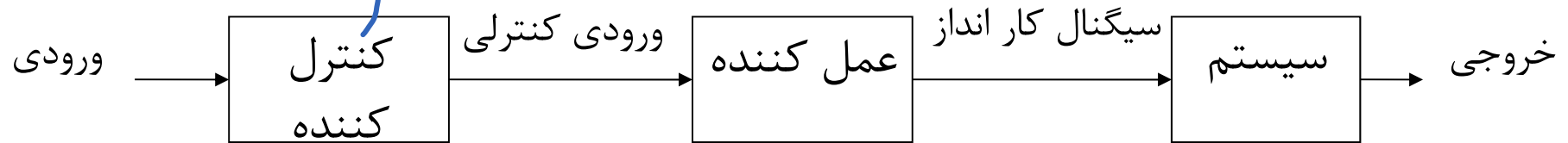
از نظر ساختار کنترلی  
معمولاً سه روش کنترلی

## مقدمه

### روشهای اساسی اعمال کنترل سیستم کنترل حلقه باز

کار این کنترل کننده دریافت ورودی و تهیه ورودی اصلی سیستم به منظور رسیدن خروجی به مقدار مطلوب میباشد .

طریقی که بر پایه زمان بندی

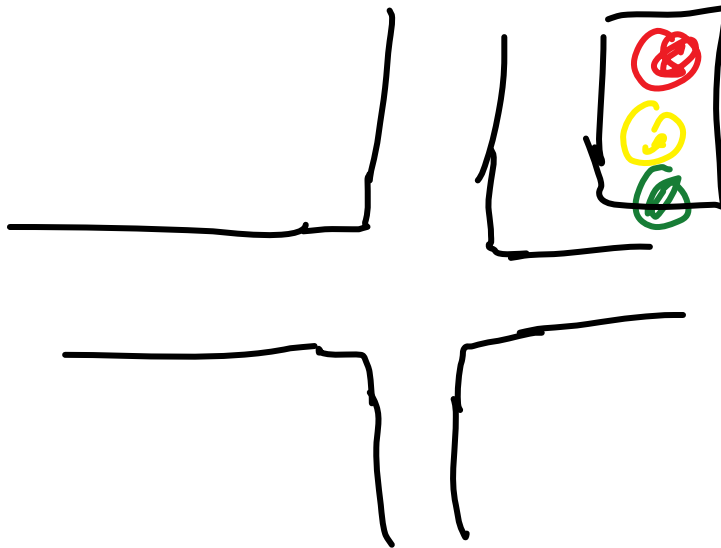


میتوان عمل کننده را جزیی از سیستم در نظر گرفت یا آنرا جداگانه نشان داد

باید شناخت دقیقی از سیستم و عمل کننده داشته باشیم.

خروجی سیستم اندازه گیری نمیشود و با ورودی مقایسه نمیگردد .

ماشین لباس شویی، پلویز برقی، چراغ راهنمایی مثالهایی از سیستم کنترل حلقه باز هستند



سیستم کنترل راکتیو

در جاهایی که افتش زیاد است و دهنش بالا  
نیاز داریم کنترل فلتنر باز مناسب نیست.

## مقدمه

# روشهای اساسی اعمال کنترل سیستم کنترل حلقه باز

معایب سیستم کنترل حلقه باز عبارتند از:

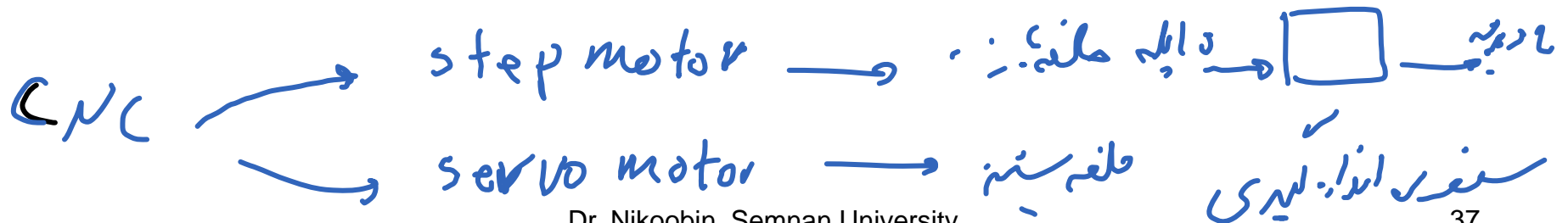
اغتشاش و تغییر کالیبراسیون خطا ایجاد میکند و باعث میشود خروجی آنچه باید، نباشد. برای دستیابی به کیفیت مطلوب در خروجی، کالیبراسیون مجدد لازم است.

مزایای اصلی سیستمهای کنترل حلقه باز:

ساخت ساده و نگهداری آسان، ارزانتر بودن نسبت به سیستم حلقه بسته متناظر، نبود مشکل پایداری

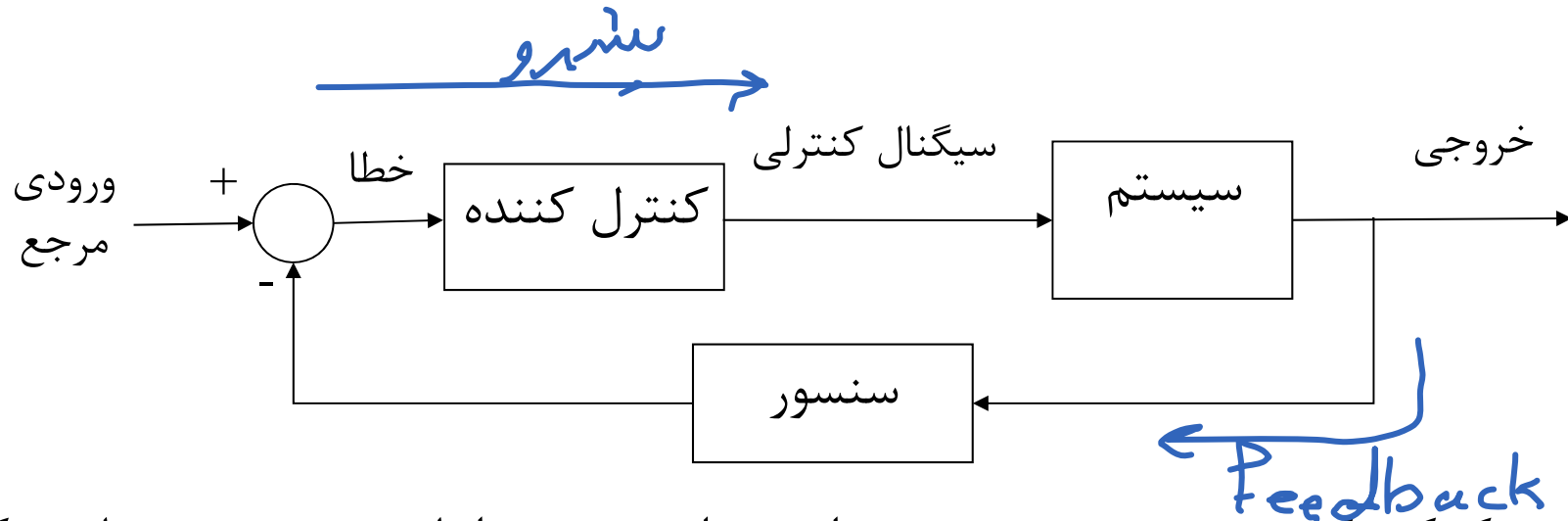
موارد کاربرد سیستمهای کنترلی حلقه باز:

در جایی که میدانیم به سیستم اغتشاش وارد نمیشود و رفتار سیستم کاملاً معلوم است. در جایی که اندازه گیری خروجی مشکل است و از خروجی اطلاعی نداریم.



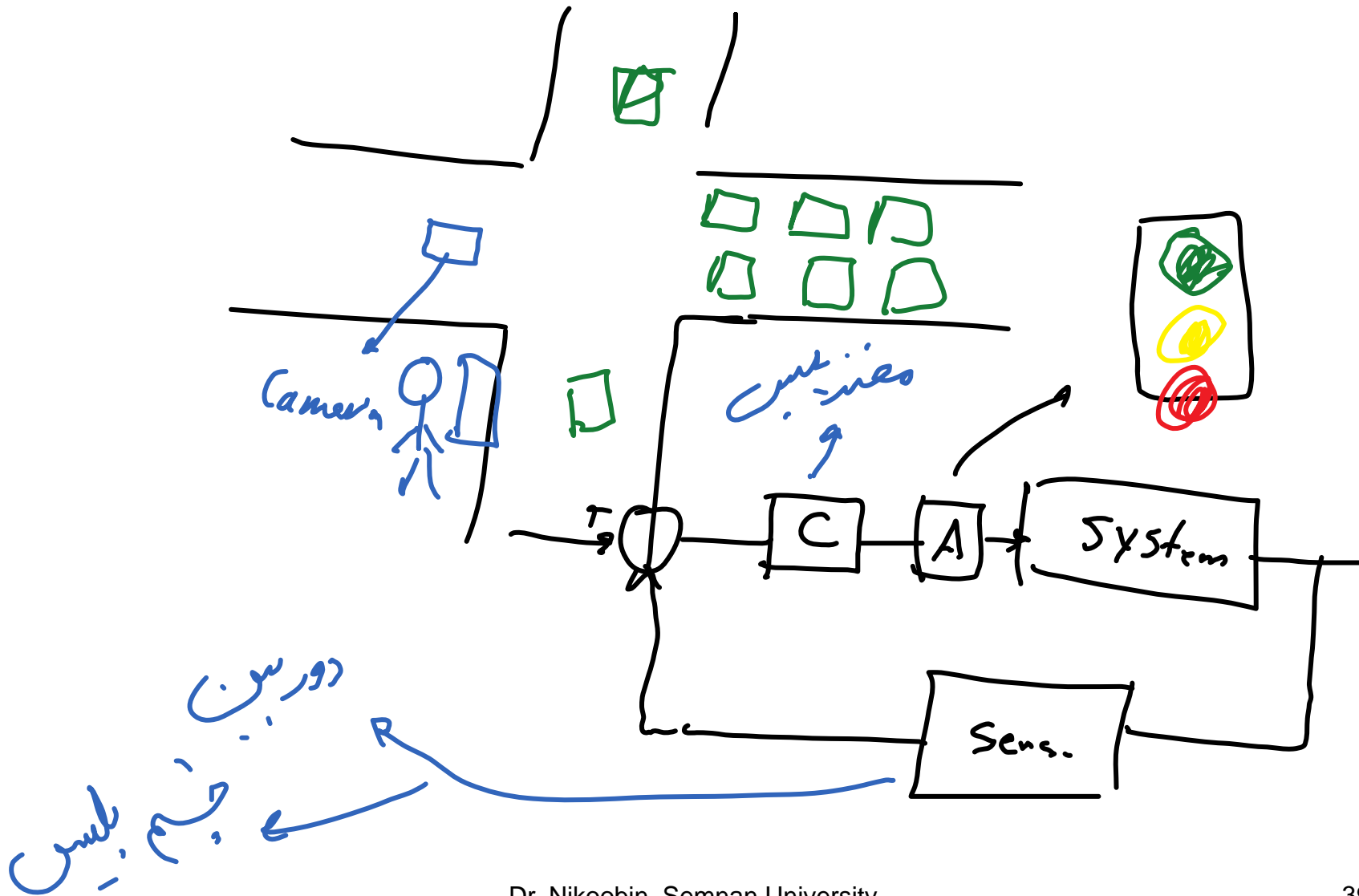
## مقدمه

### روشهای اساسی اعمال کنترل سیستم کنترل حلقه بسته



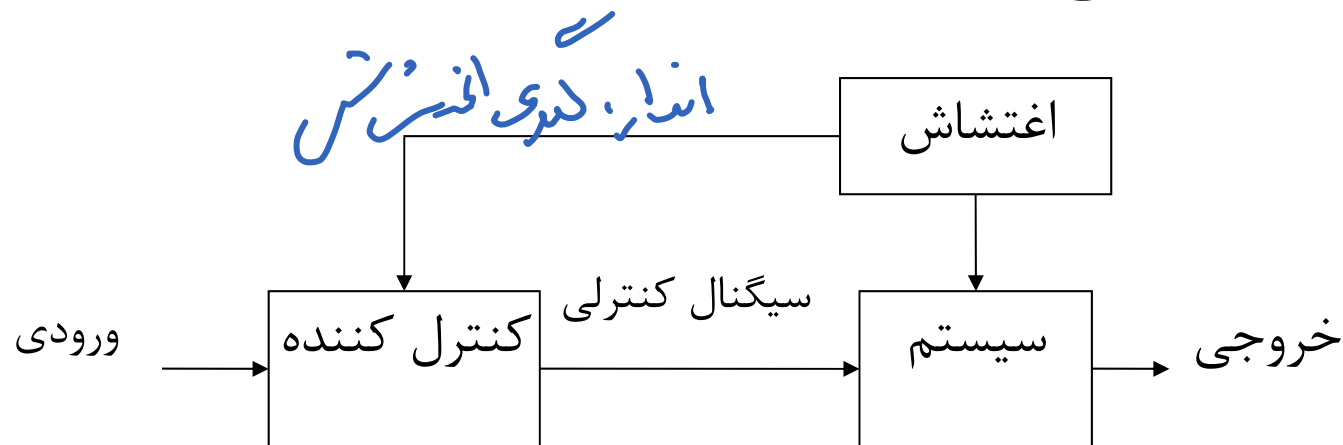
به کمک یک سنسور در خروجی میتوان مقدار خروجی را با ورودی مرجع مقایسه کرد و خطای حاصل را به کنترل کننده اعمال نمود.

مهمترین قابلیت سیستمهای کنترل حلقه بسته، دفع اغتشاش است. سیستم حلقه باز به تغییر پارامترهای دستگاه و اغتشاشات حساس است، ولی در حلقه بسته به دلیل اطلاع داشتن از خروجی، کنترل کننده اثر اغتشاشات و تغییر پارامترها را تعدیل میکند.



## مقدمه

# روشهای اساسی اعمال کنترل سیستم کنترل پیشخور

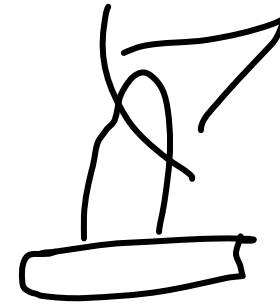


برای جلوگیری از اثرات نامطلوب اغتشاش بر خروجی سیستم، میتوان آنرا به کنترل کننده اعمال نمود تا با استفاده از تمهیداتی که در آن پیش بینی شده است، ورودی لازم جهت کنترل به سیستم اعمال گردد.

این نوع سیستم کنترل در جایی که تعداد اغتشاشات محدود و کاملاً شناخته شده باشند به کار میرود. عیب بزرگ این نوع سیستم این است که اغلب اندازه گیری اغتشاشات مشکل میباشد و برای هر نوع اغتشاش، سنسور مخصوص آن مورد نیاز است.



wind

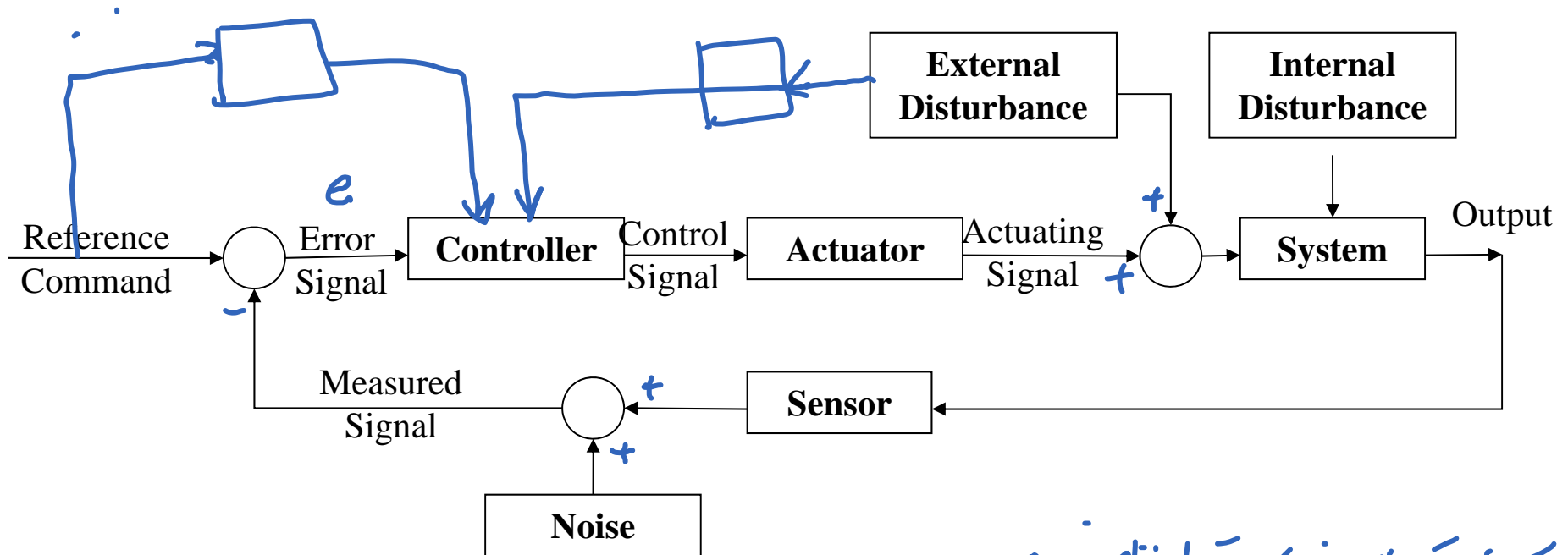


سفر مستقیم  
زندگی به عبار  
درک

ملعہ  
۲۲ باعث افزایش دقت می شود  
از اغتشاش در الیه رضع می کند

# مقدمه

## عناصر تشکیل دهنده سیستمهای کنترل

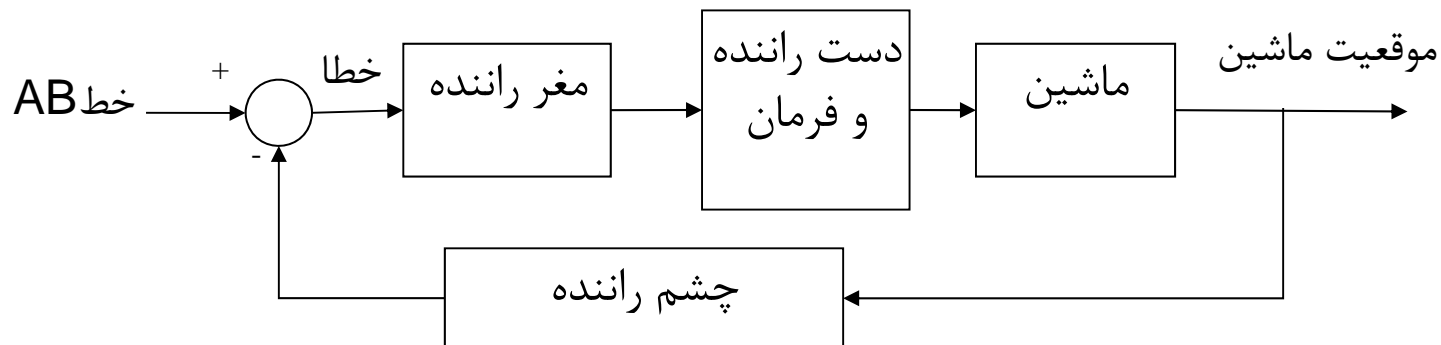
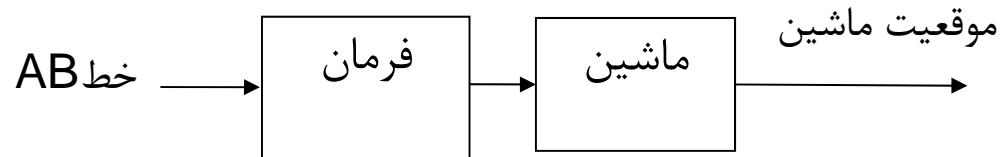
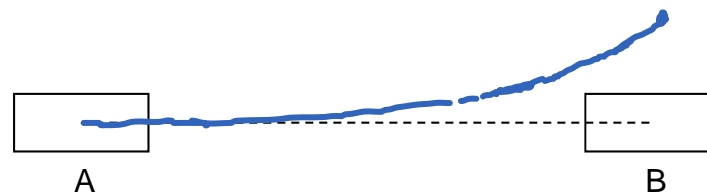


سرعت پاسخ سیستم افزایش می یابد

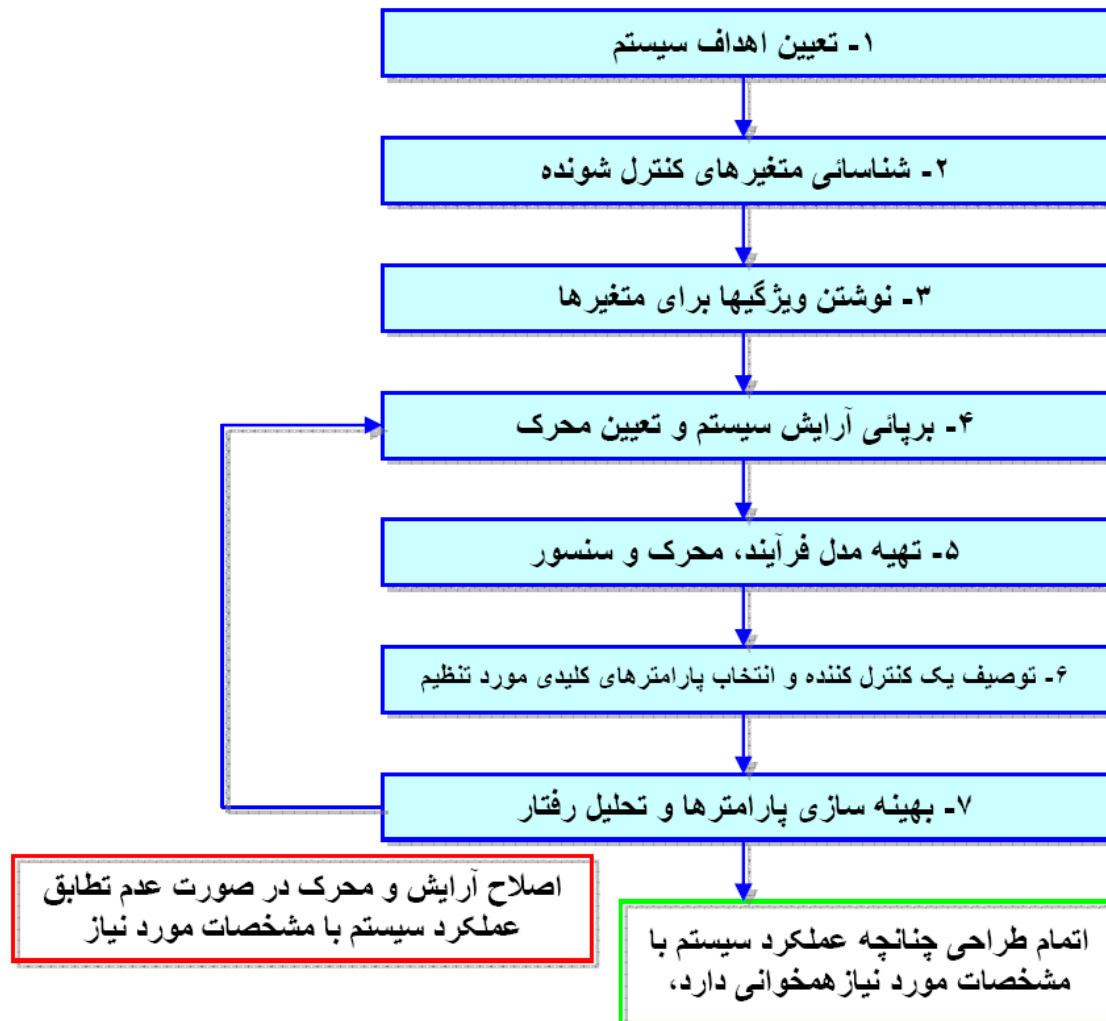
# مقدمه

## روشهای اساسی اعمال کنترل مثال

میخواهیم ماشینی را مطابق شکل زیر از نقطه A به نقطه B به دو صورت حلقه باز و حلقه بسته ببریم.



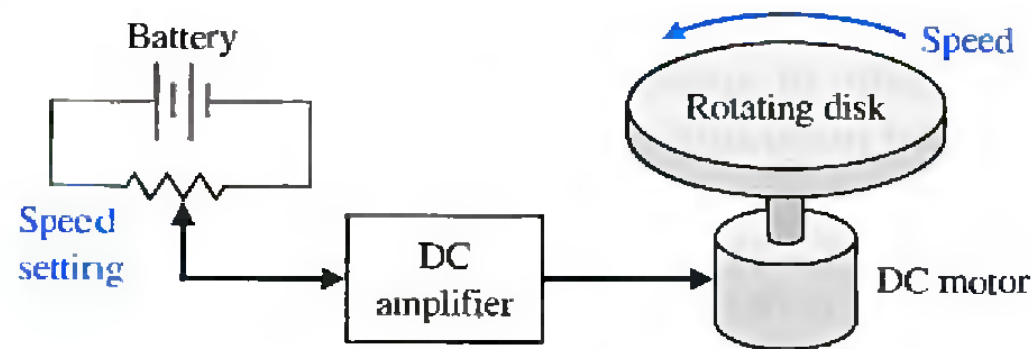
# طراحی سیستمهای کنترل



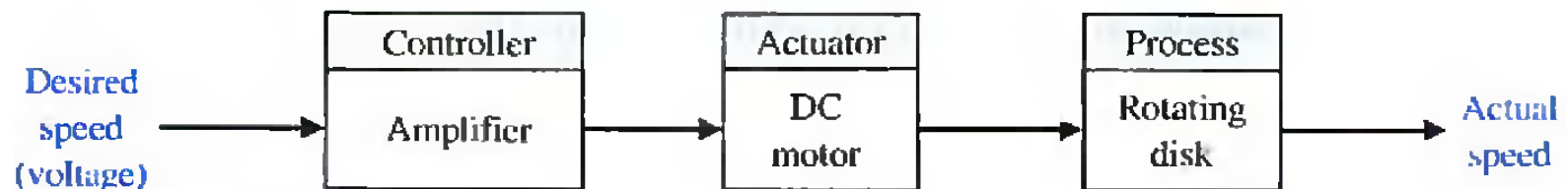
هزینه  
دقت  
مدیر

# مثال طراحی: کنترل سرعت میز دوار

## کنترل حلقه باز



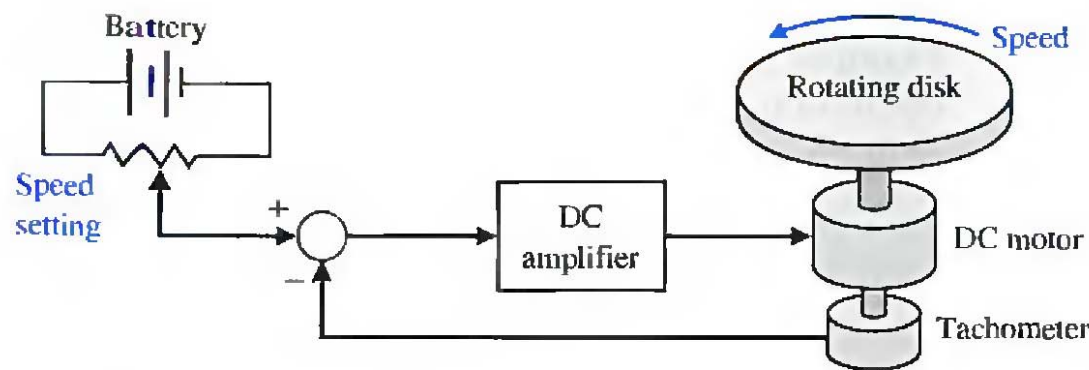
(a)



(b)

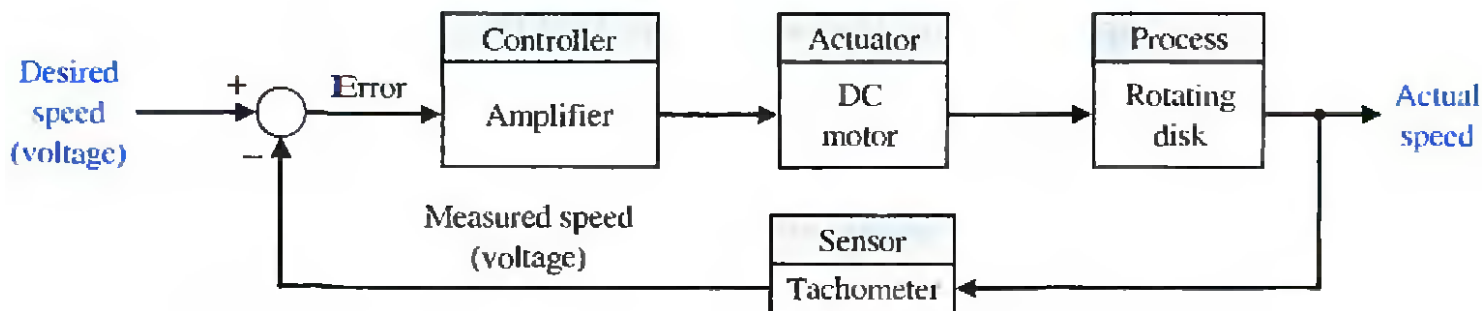
# مثال طراحی: کنترل سرعت میز دوار

## کنترل حلقه بسته



(a)

سرعت  
موقعیت encoder

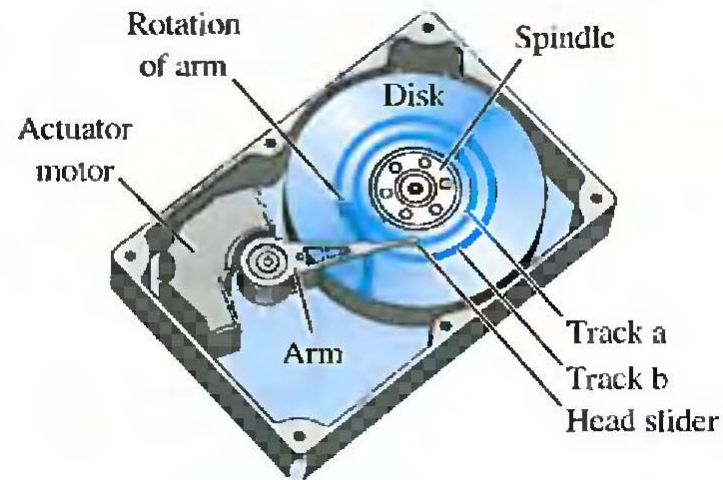


(b)

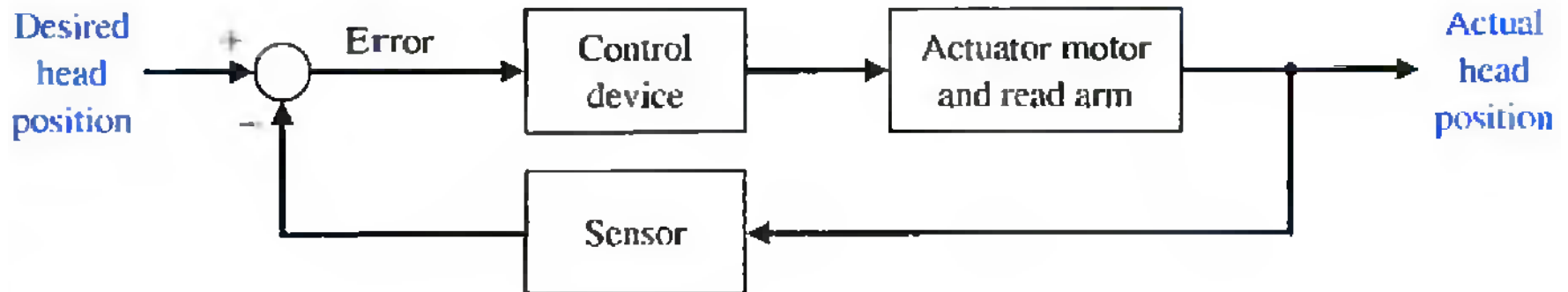
# مثال طراحی: سیستم خواندن دیسک درایو



(a)



(b)

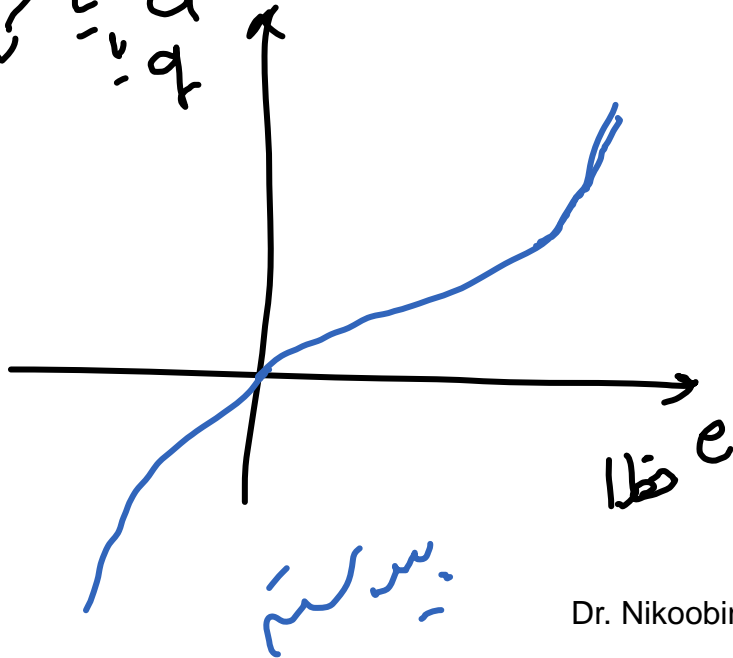
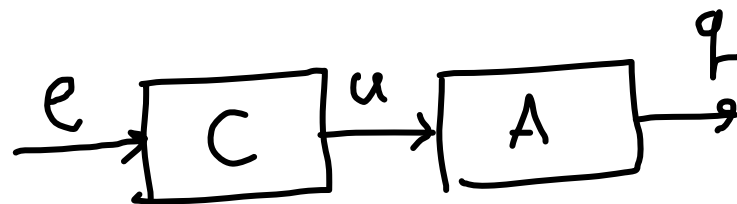


فصل بندی نیم کنترل از نظر نوع سیگنال کنترلی

- بیروسته ✓  
 - روشن خاموشی  
 } سیگنال کنترلی

on-off

کنترل کننده  
 سیگنال کنترلی  
 $u$   
 $q$

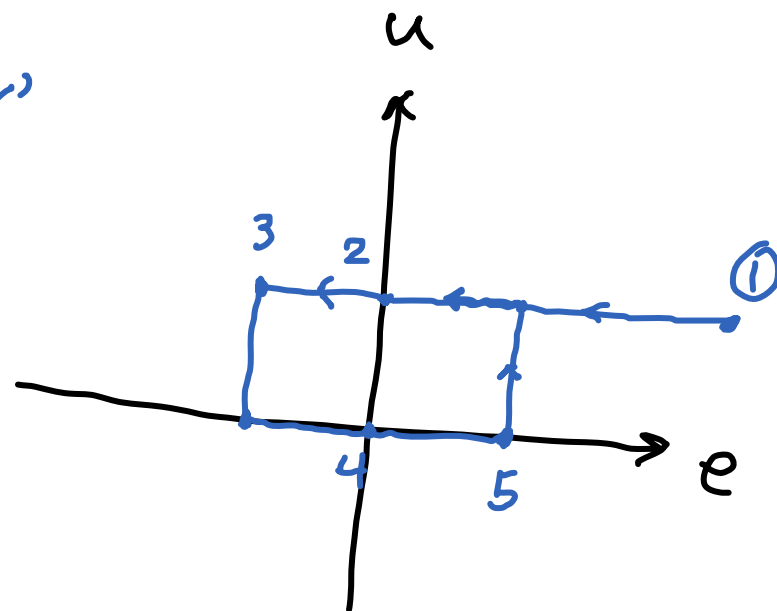
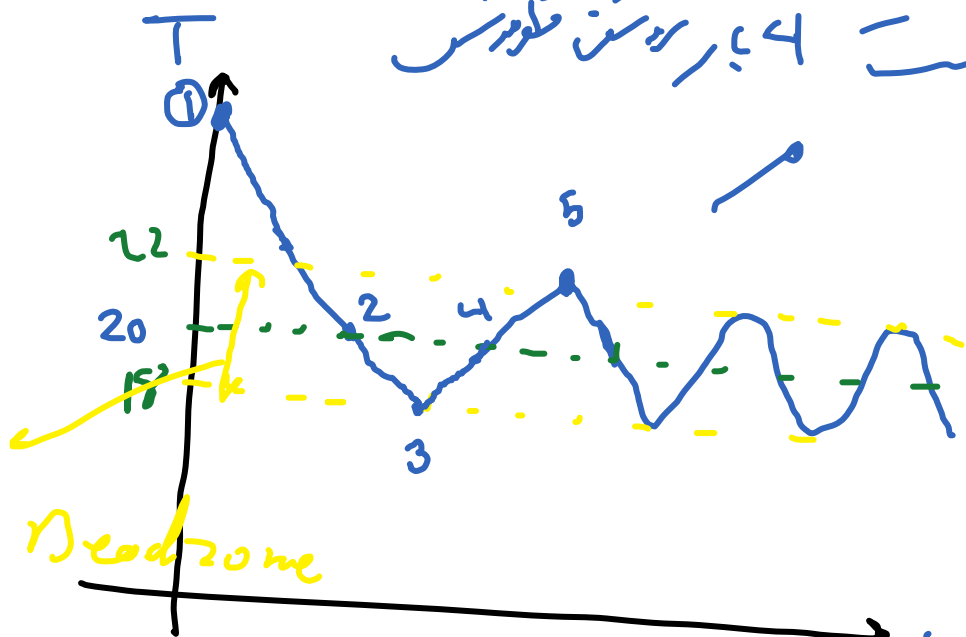


تابع  
 $u = f(e)$   
 $q = g(u)$

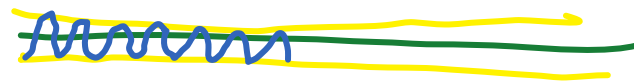
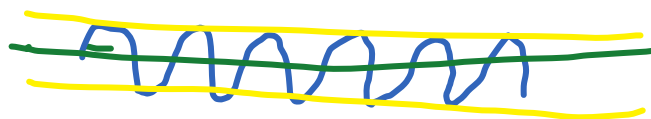


# لوازم فنی ... سیستم کنترل امی انواع

دریافت 4 بار روشن فلورس



هدف بانه تعقیب شود وقت افزایش می آید ،  
اما تعداد روشن خاموش شدن سیستم افزایش می آید



دریافت 5 بار روشن

# فصل، سیر کنترل دما (روشنی خورشیدی)

