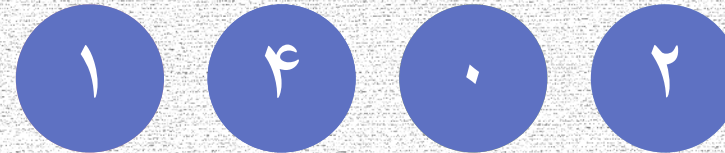


الحمد لله الذي
خلقنا من
الطين
الذي
خلقنا من
الطين



طراحی و ساخت سیستم شناوری مغناطیسی یک آهنربای دائمی بر مبنای کنترل کننده PID

دانشجو: علیرضا امیری

شماره دانشجویی: ۹۸۲۱۵۱۰۲۸

استاد راهنما: دکتر محمدحسین کاظمی

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی
گروه برق - کنترل

فهرست مطالب



کلیات پژوهش



پیشینه پژوهش



روش شناسی پژوهش و یافته ها



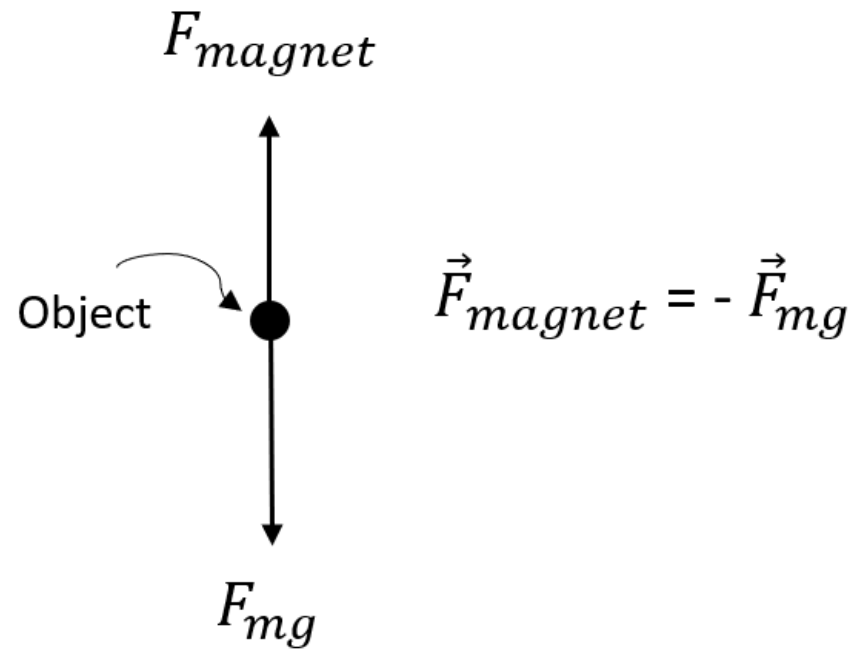
نتیجه گیری

کلیات پژوهش

- مفهوم فیزیکی
- ساختار کلی یک سیستم شناوری مغناطیسی و انواع آن
- اجزای اصلی سیستم شناوری مغناطیسی
- کاربردها

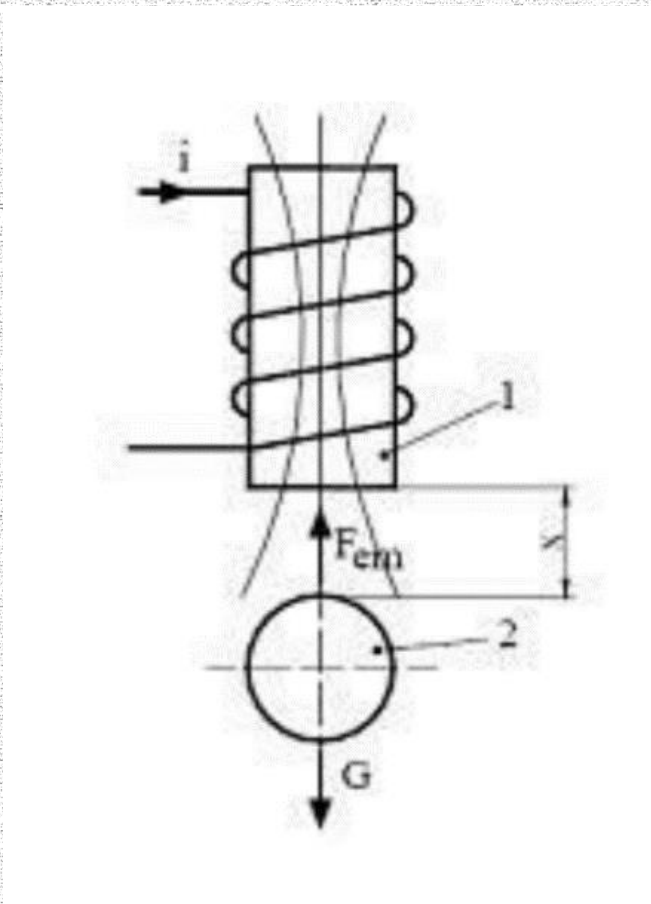
بخش ۱

مفهوم فیزیکی



نیروهای وارد بر جسم در راستای عمودی کاملاً برابر و در خلاف جهت یکدیگر باشند تا برآیند نیروهای وارد بر این جسم برابر صفر شود.

اجزای اصلی سیستم شناوری مغناطیسی



بخش کنترلی:

- کنترلر PID
- عملگر

بخش الکتریکی:

- الکترومگنت
- حسگر
- پردازنده
- تقویت کننده

بخش مکانیکی:

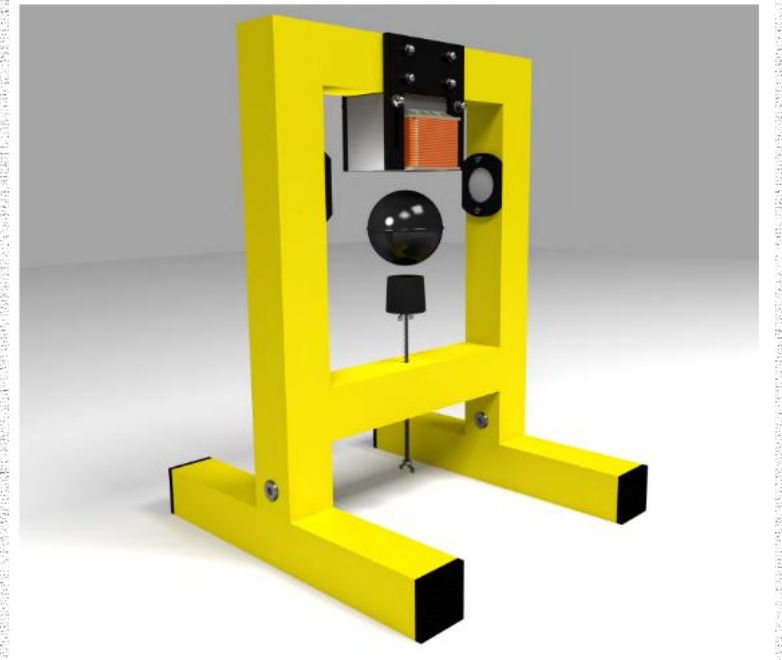
- جسم
- پایه

انواع سیستم های شناوری مغناطیسی

سیستم شناوری نوع دفعی
Repulsive



سیستم شناوری نوع جذبی
Attractive



کاربرد سیستم شناوری مغناطیسی

کاربرد کنترل

محصولات

کاربرد صنعتی

وسایل معلق زینتی

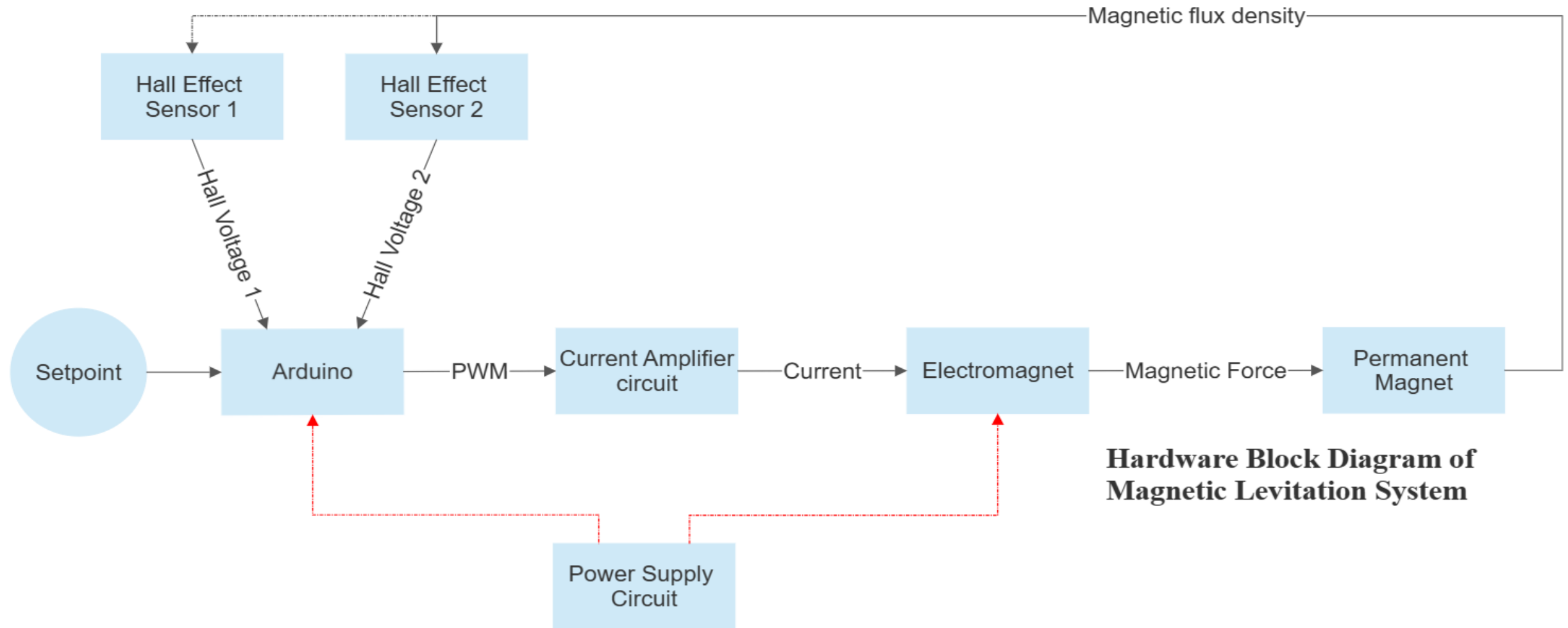
قطارهای سریع السیر MagLev

غیر خطی
ناپایدار





ساختار سخت افزاری سیستم شناوری مغناطیسی



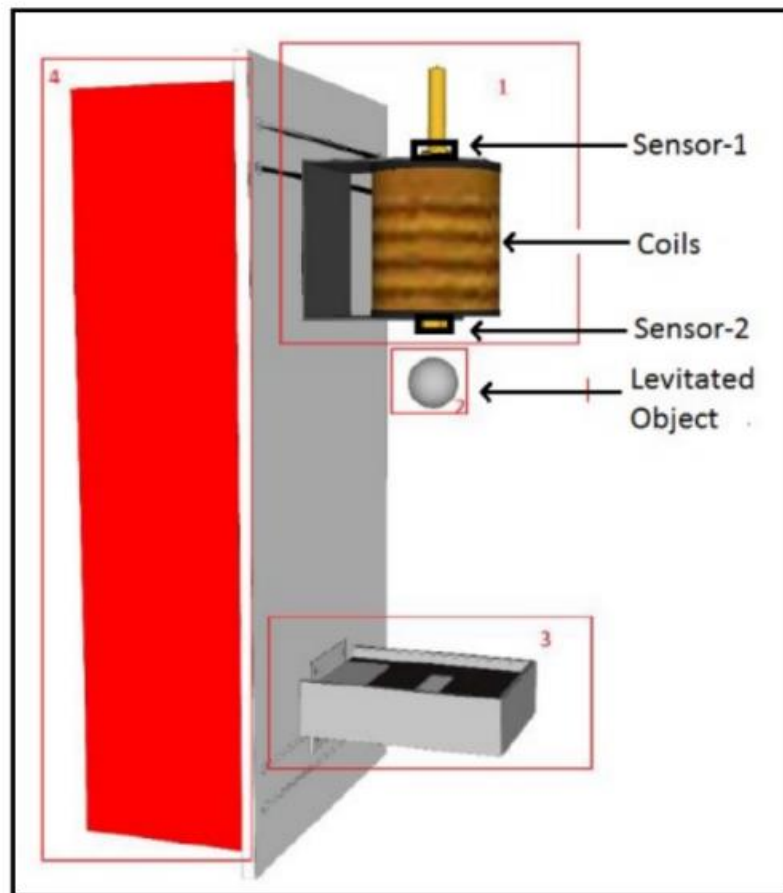
پیشینه پژوهش

بخش ۲

- نمونه های پیشین انجام شده در مقالات و نشریات

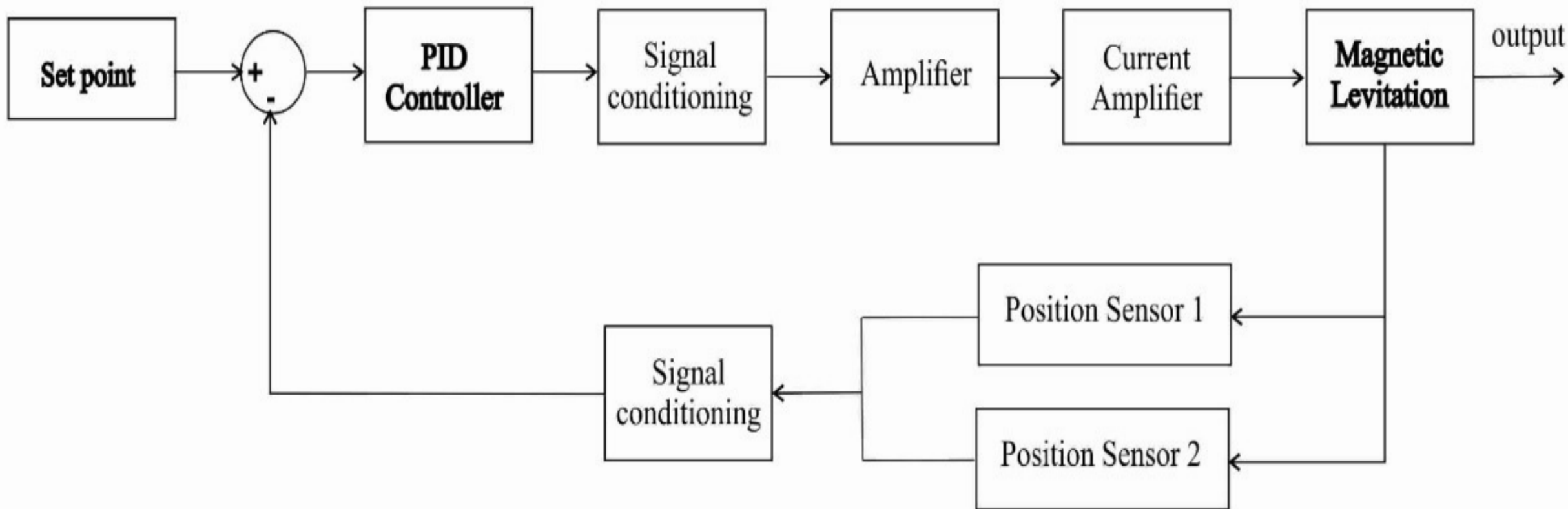
۱. مقایسه روش های تنظیم زیگلر-نیکولز و کوهن کن در سیستم شناوری مغناطیسی

- استفاده از دو حسگر اثر هال



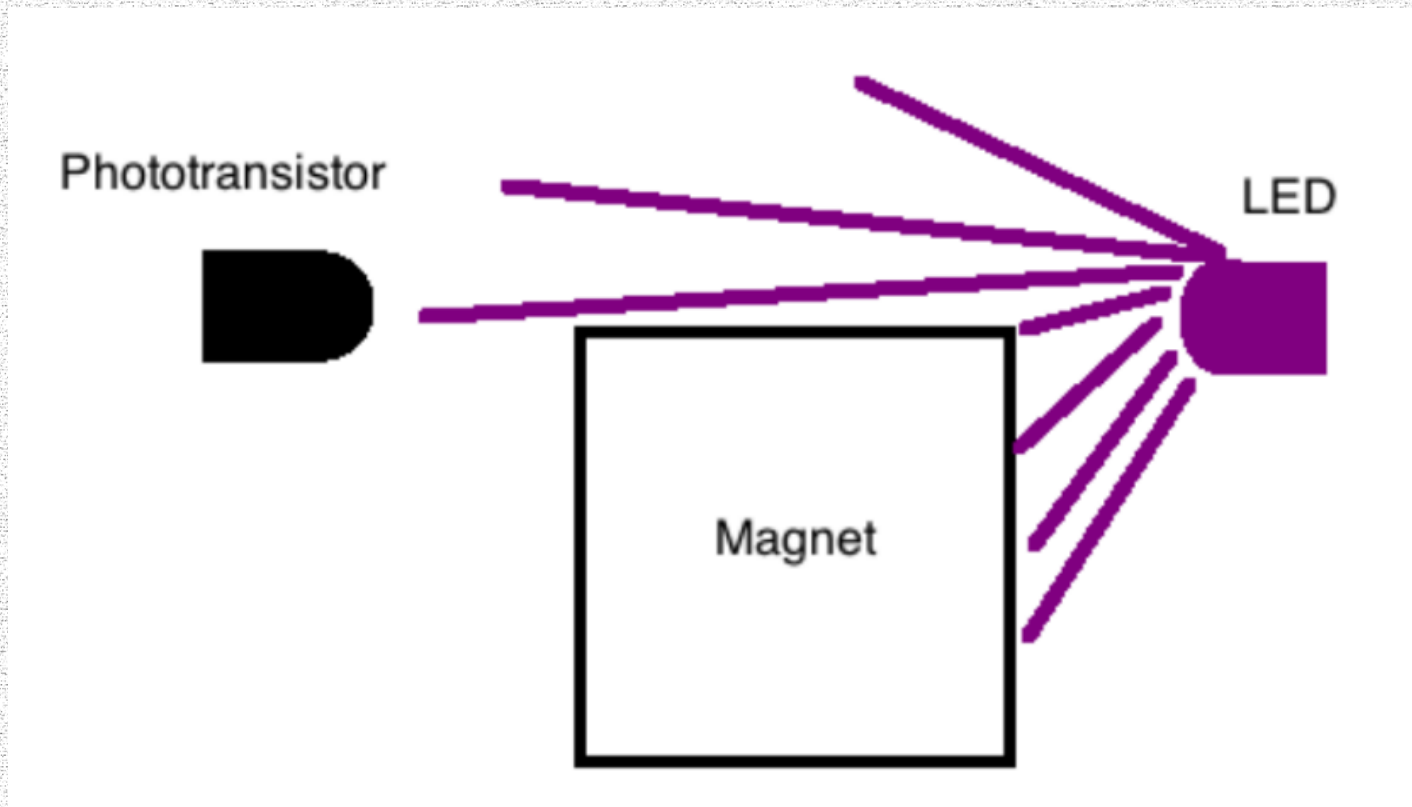


مقایسه روش های تنظیم زیگلر-نیکولز و کوهن کن در سیستم شناوری مغناطیسی



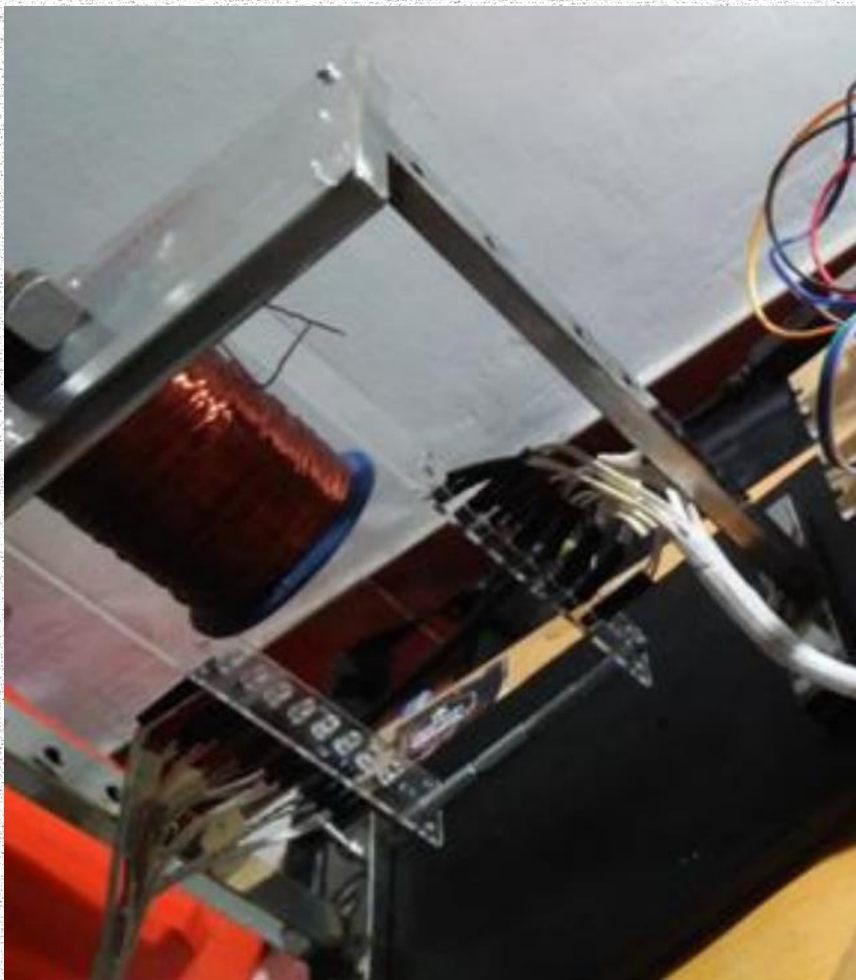
۲. دستیابی به شناوری مغناطیسی بر بستر آردوینو

- استفاده از فتوترانزیستور
به عنوان حسگر



۳. کنترل PID سیستم شناوری مغناطیسی

- استفاده از ۵ فتودیود به عنوان حسگر و تشخیص موقعیت جسم با بررسی تعداد حسگرهای فعال شده

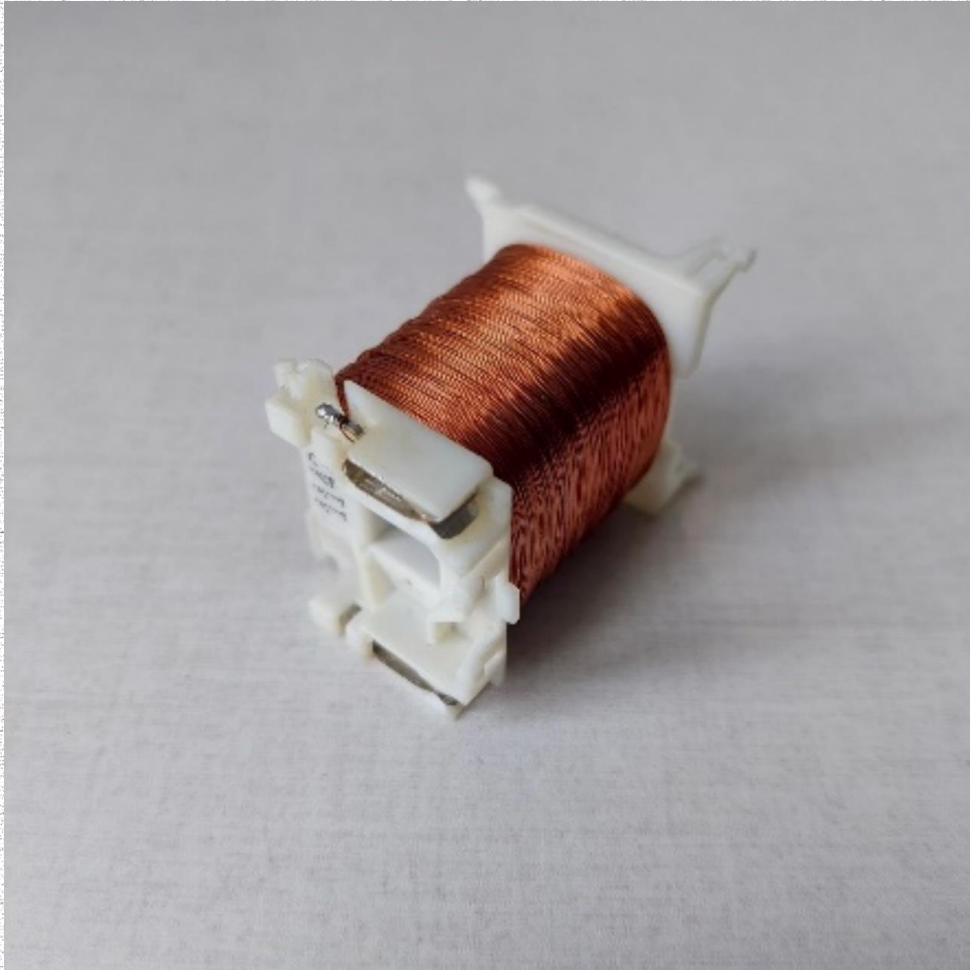


بخش ۳

روش شناسی پژوهش و یافته ها

- مدار الکتریکی
- ساختار مکانیکی
- سیستم کنترلی
- شناسایی سیستم
- رسم نمودارهای کنترلی و پیدا کردن مقادیر بهره و صفر و قطبها
- طراحی کنترلر و شبیه سازی برای سیستم تخمین زده شده

ساختار الکتریکی - اجزا



- الکترومگنت
- مدار تقویت کننده
- کنترل جریان بازگشتی
- حسگر اثر هال
- حذف اثر الکترومگنت
- منابع تغذیه

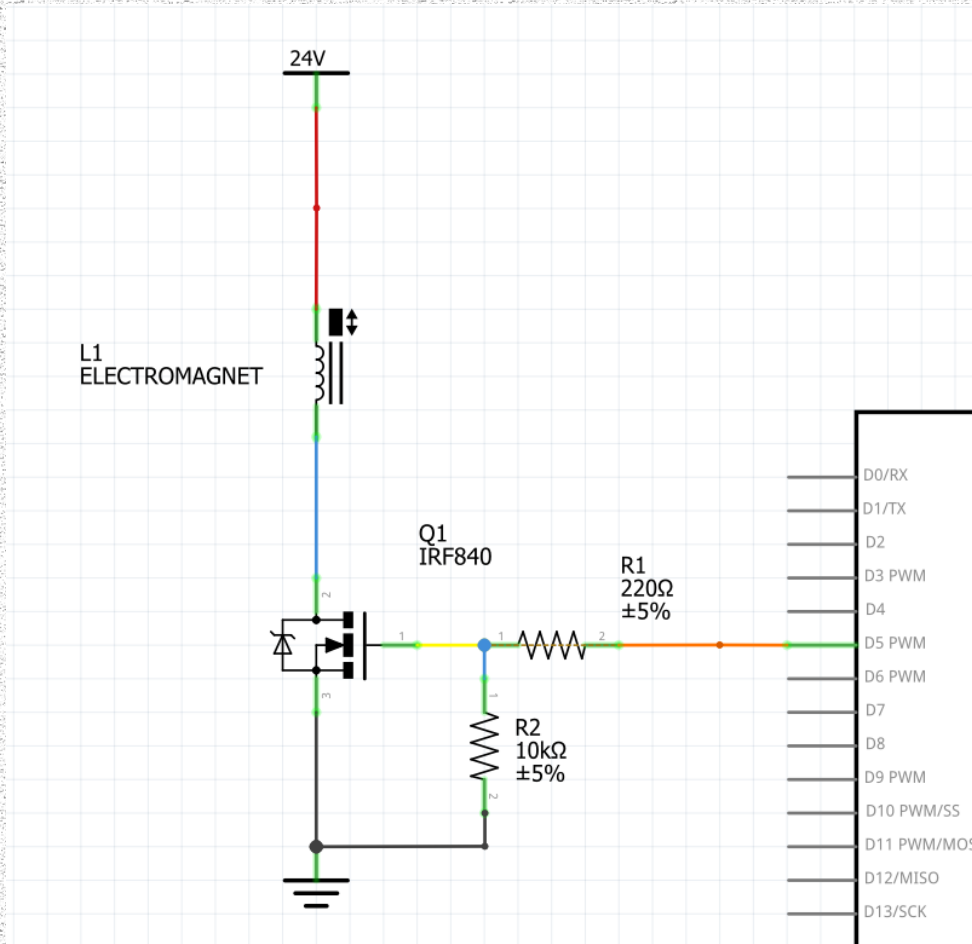
ساختار الکتریکی - مدار تقویت کننده

- استفاده از مدار تقویت کننده ترانزیستوری بر مبنای MOSFET

مزیت MOSFET در مقایسه با BJT

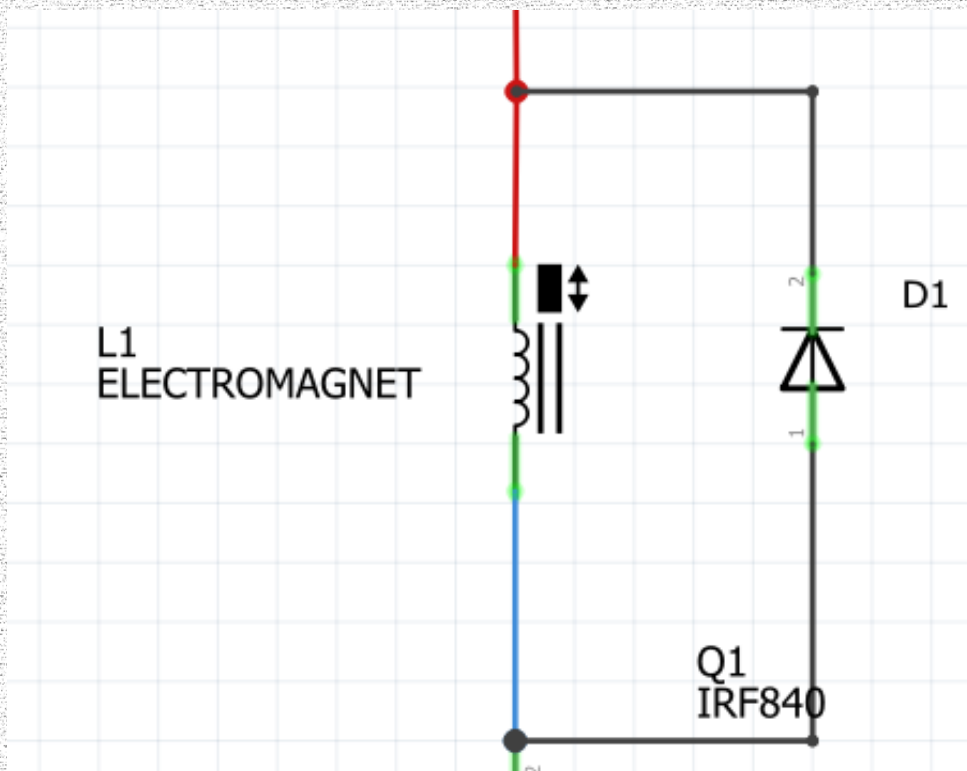


پایداری دمایی



ساختار الکتریکی - کنترل جریان بازگشتی

- استفاده از دیود هرزگرد برای کنترل جریان بازگشتی



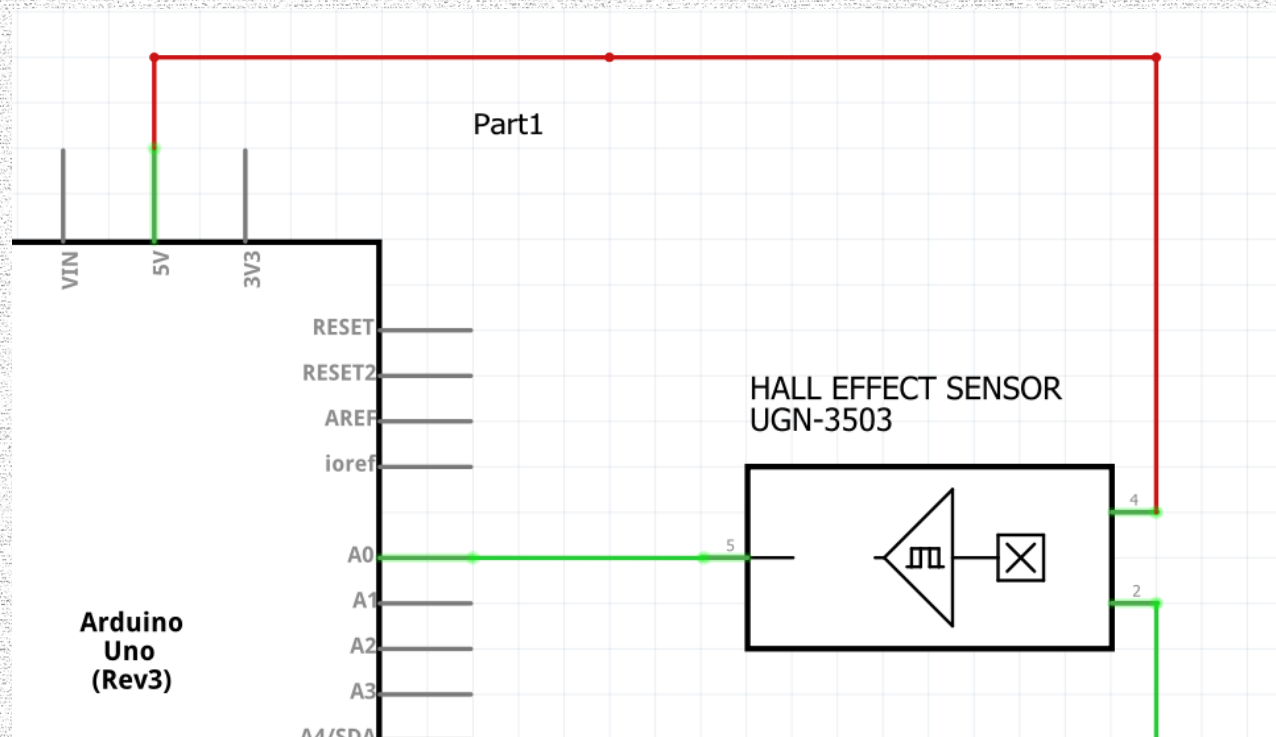
ساختار الکتریکی - حسگر و حذف اثر الکترومگنت

- استفاده از حسگر اثر هال: حساسیت به تغییرات شدت میدان مغناطیسی

نزدیک شدن آهنربا به حسگر

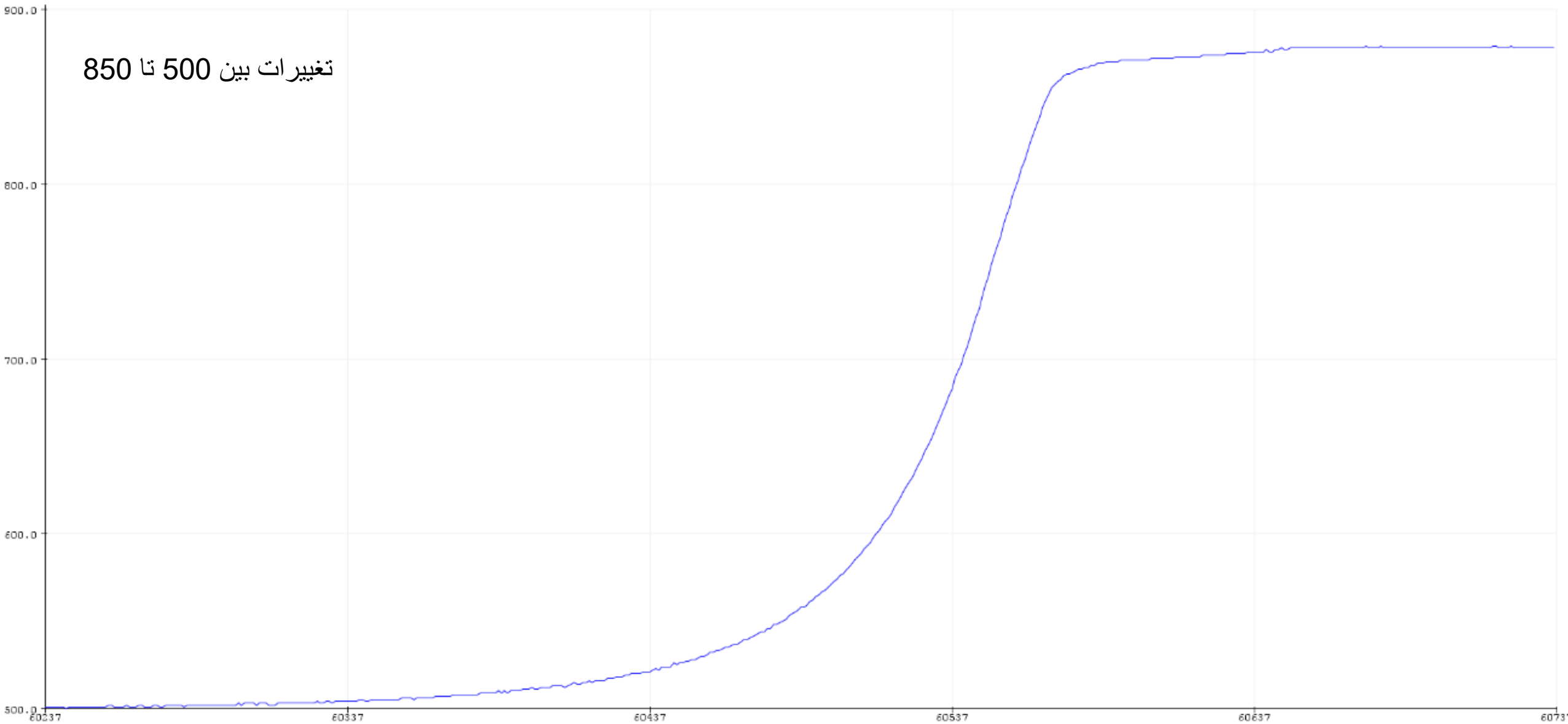


افزایش ولتاژ خروجی حسگر اثر هال

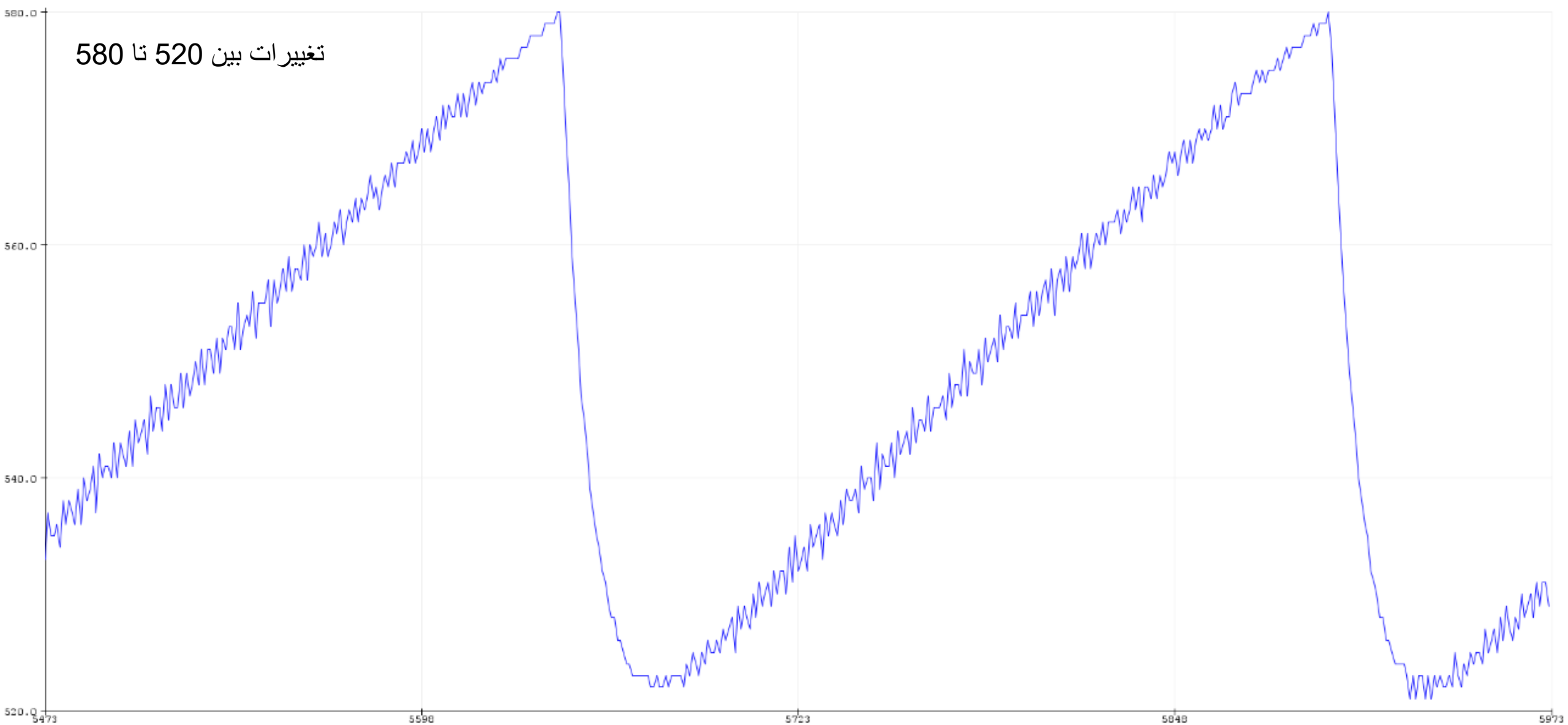


رابطه‌ی خروجی حسگر با موقعیت آهنربا

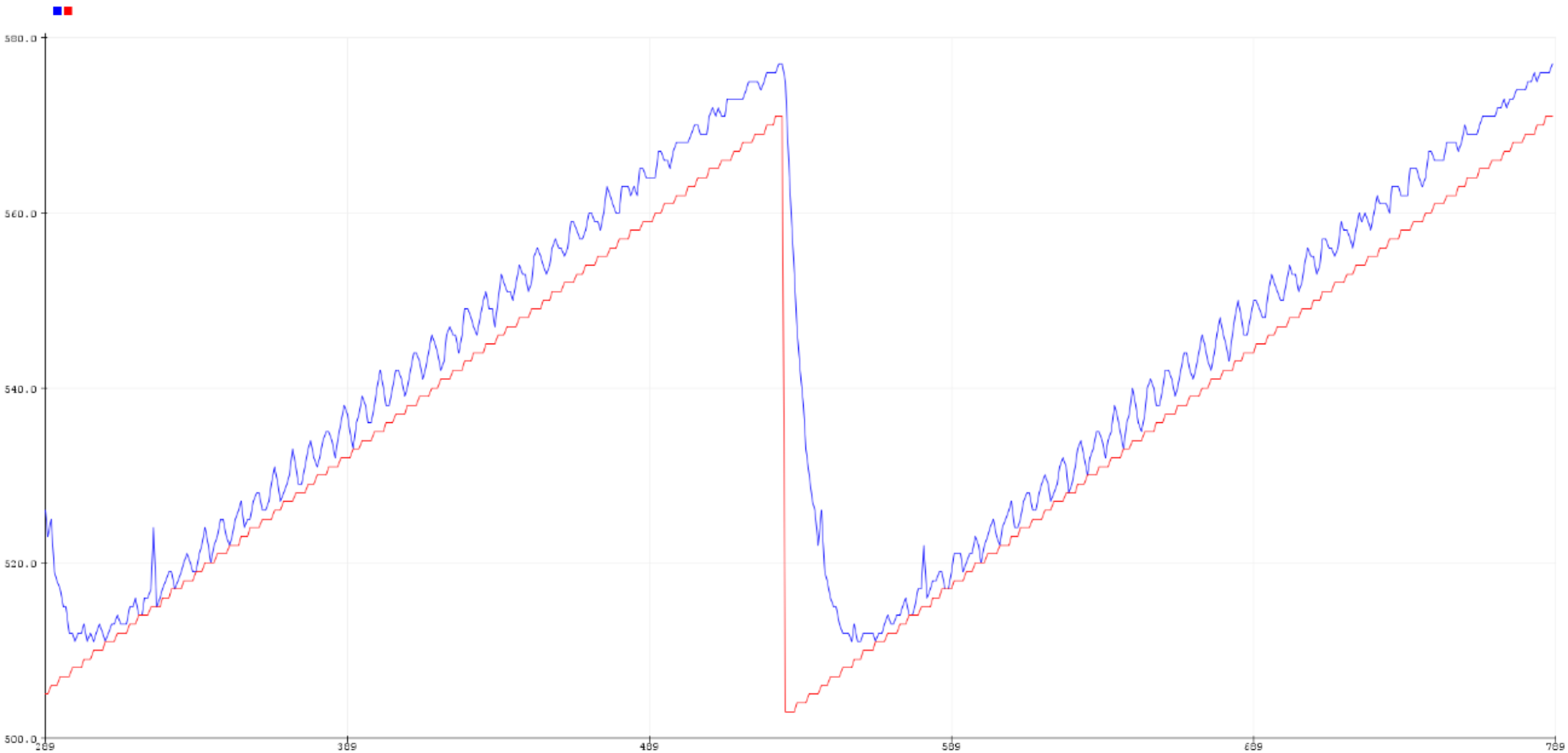
تغییرات بین 500 تا 850



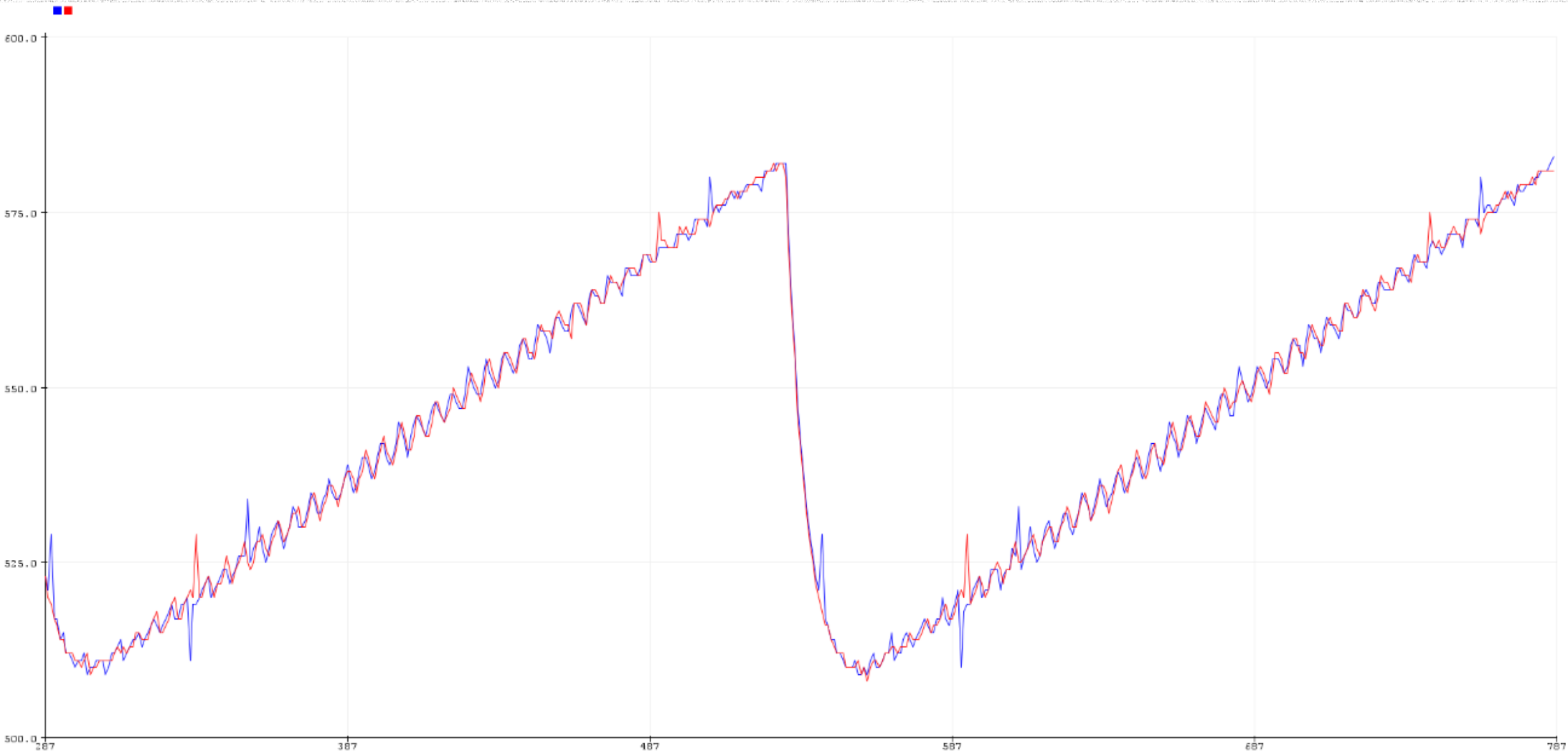
رابطه‌ی خروجی حسگر با جریان الکترومگنت



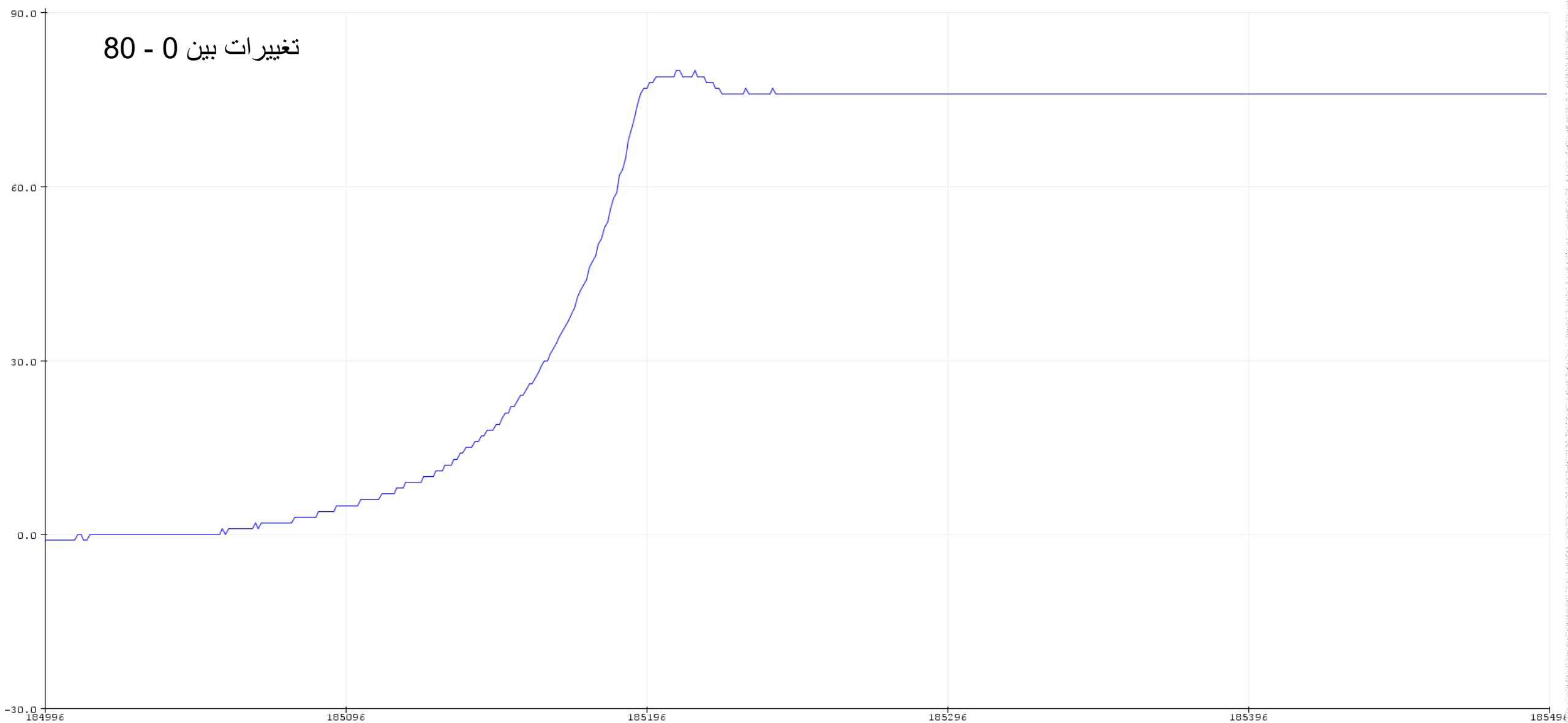
حذف اثر الکترومگنت به روش تخمین رابطه‌ی خطی



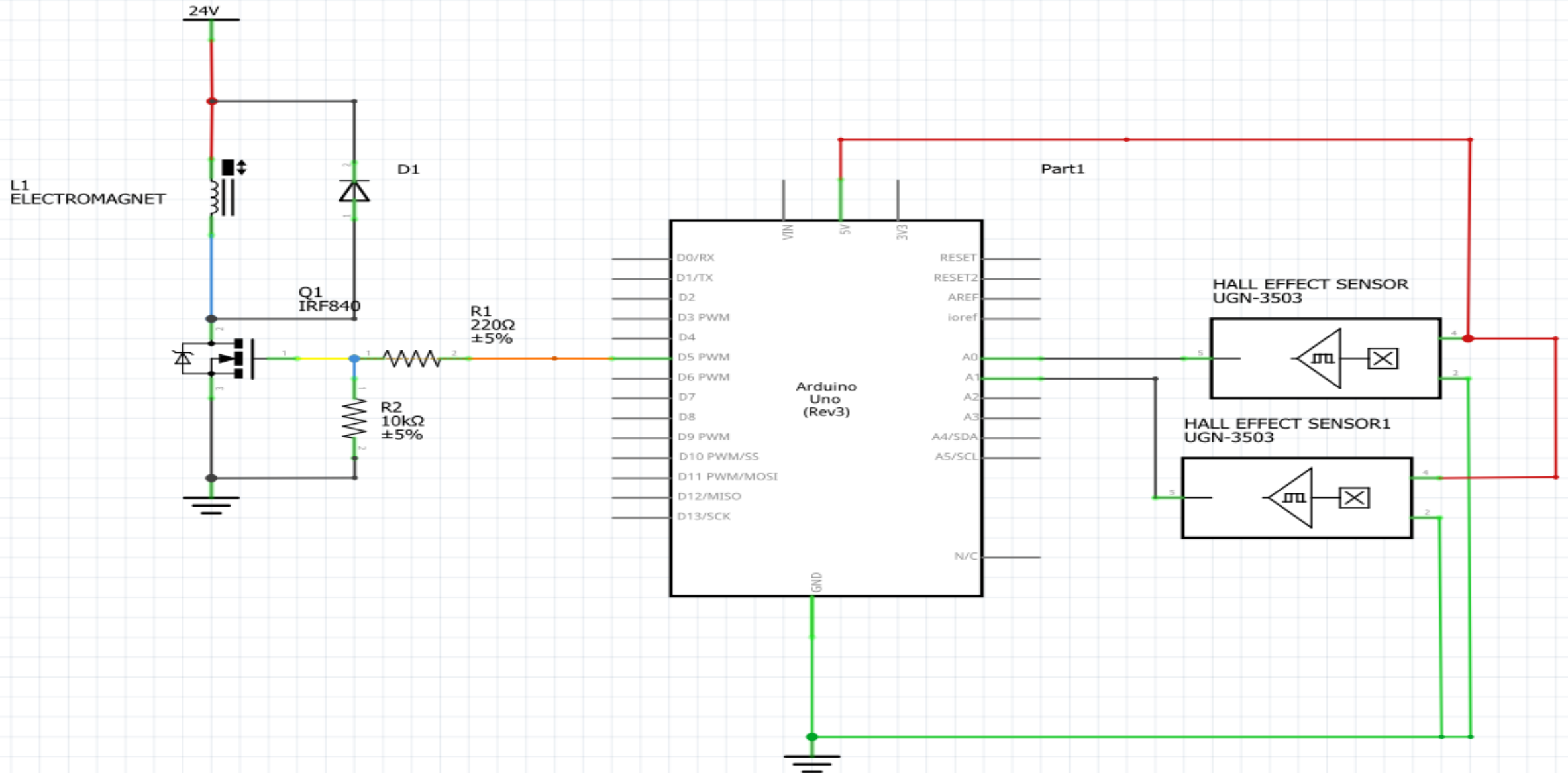
حذف اثر الکترومگنت با استفاده از دو حسگر اثر هال



سیگنال ورودی بر حسب موقعیت آهنربا پس از حذف اثر الکترومگنت



مدار الکتريکی سیستم شناوری مغناطیسی





ساختار الکتریکی – مدار تغذیه

- استفاده از آداپتور $24V$ به منظور تغذیه الکترومگنت
- تبدیل ولتاژ $24V$ به $9V$ با استفاده از رگولاتور به منظور تغذیه آردوینو
- استفاده از پایه‌ی $5V$ آردوینو به منظور تغذیه حسگرهای اثر هال

ساختار مکانیکی



- پایه چوبی L شکل
- آهنربای نئودیمیومی به قطر 1.5 cm و ارتفاع 1 cm



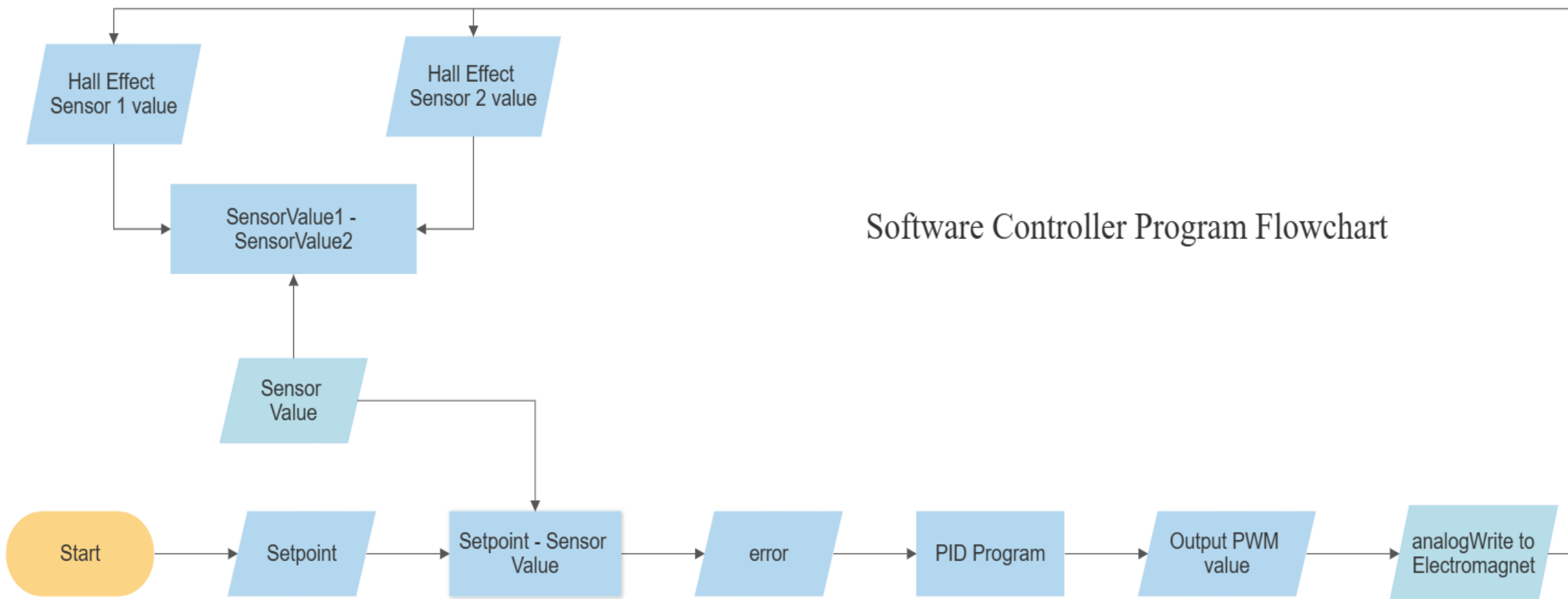
ساختار کنترلی

- پیاده‌سازی برنامه‌ی کنترلی بر روی برد آردوینو UNO R3
- اجرای برنامه بدون استفاده از کتابخانه. (تعریف کنترلر PID و فرایند کنترل در داخل حلقه‌ی اجرای برنامه)
- اجرای برنامه با استفاده از کتابخانه‌ی PID_v1.



فلوچارت کنترلی سیستم شناوری مغناطیسی

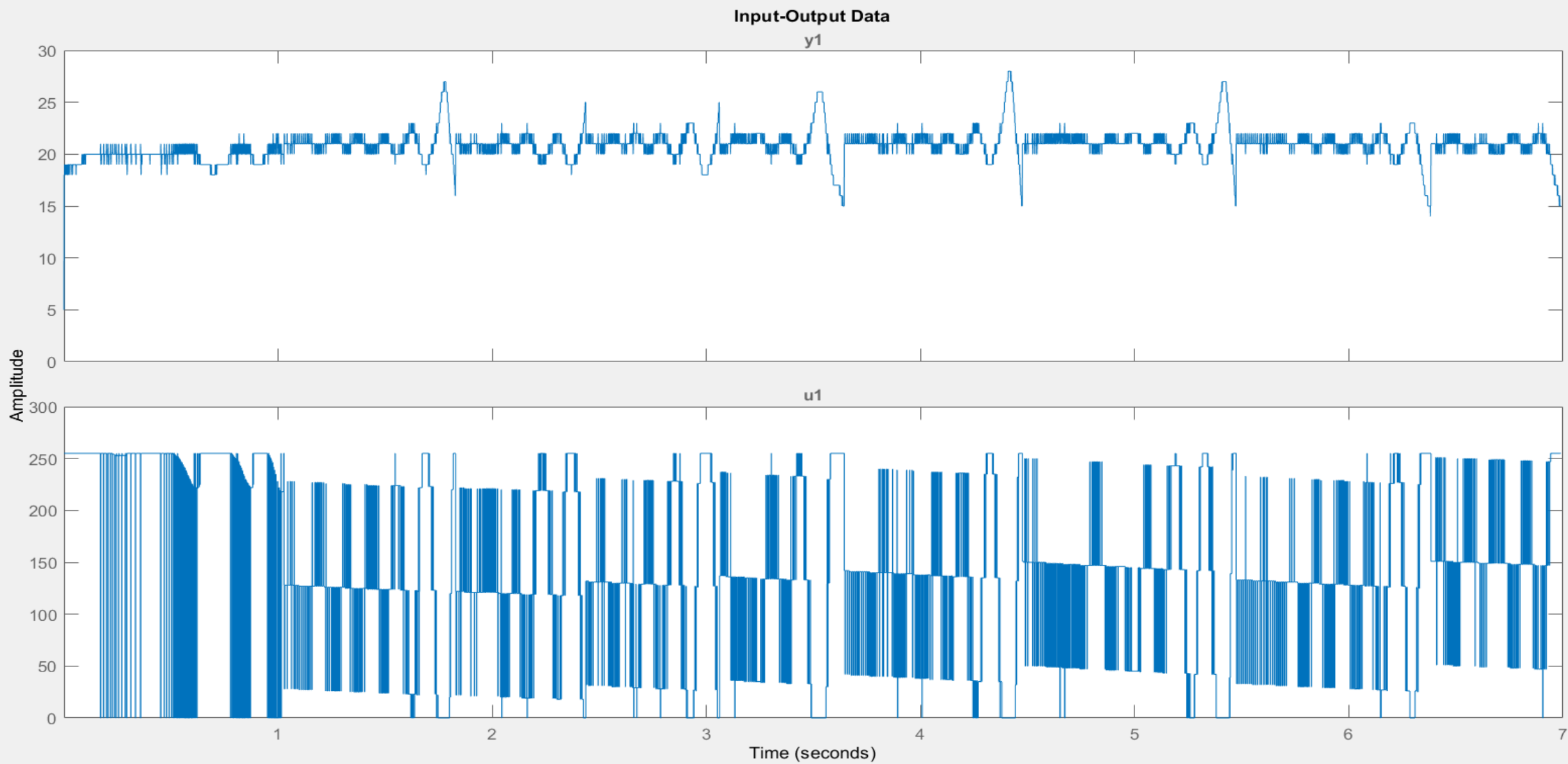
Software Controller Program Flowchart



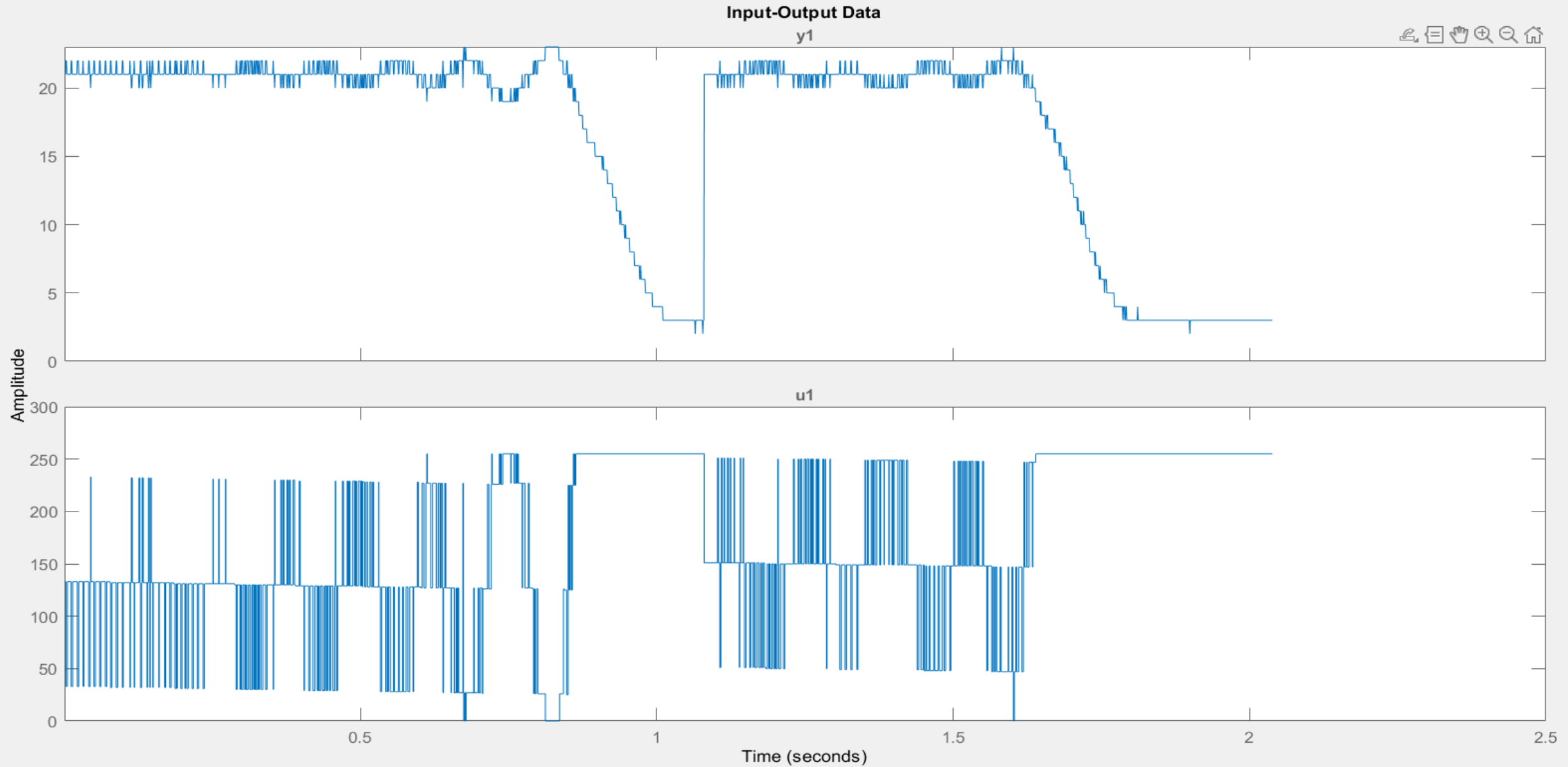
شناسایی سیستم (System Identification)

- جمع آوری داده‌های ورودی و خروجی و تفکیک به داده‌های آموزشی و آزمایشی
- شناسایی سیستم به کمک نرم افزار System Identification متلب
- تعیین میزان اعتبار مدل تخمین زده شده بر حسب شاخص های متلب

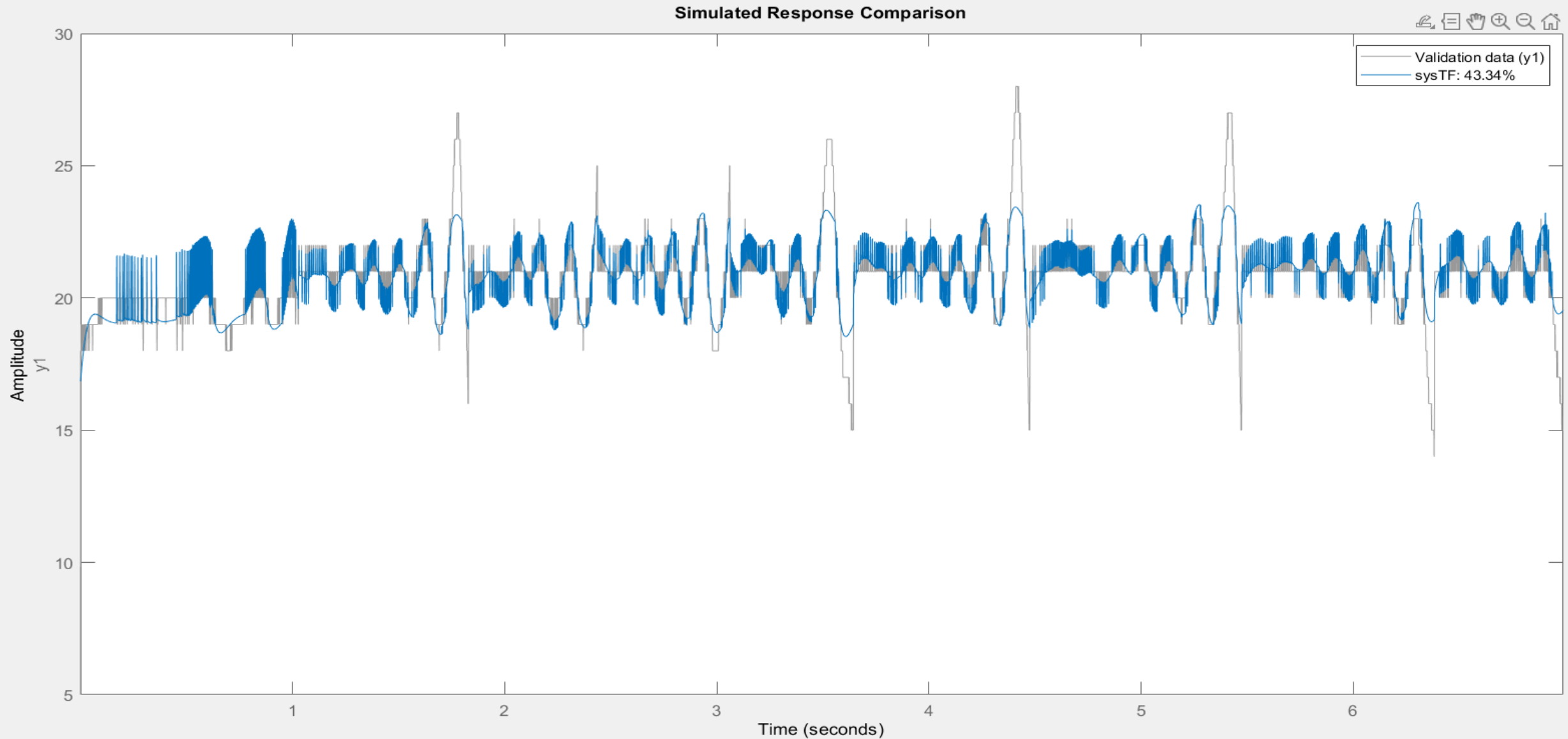
داده های آموزشی



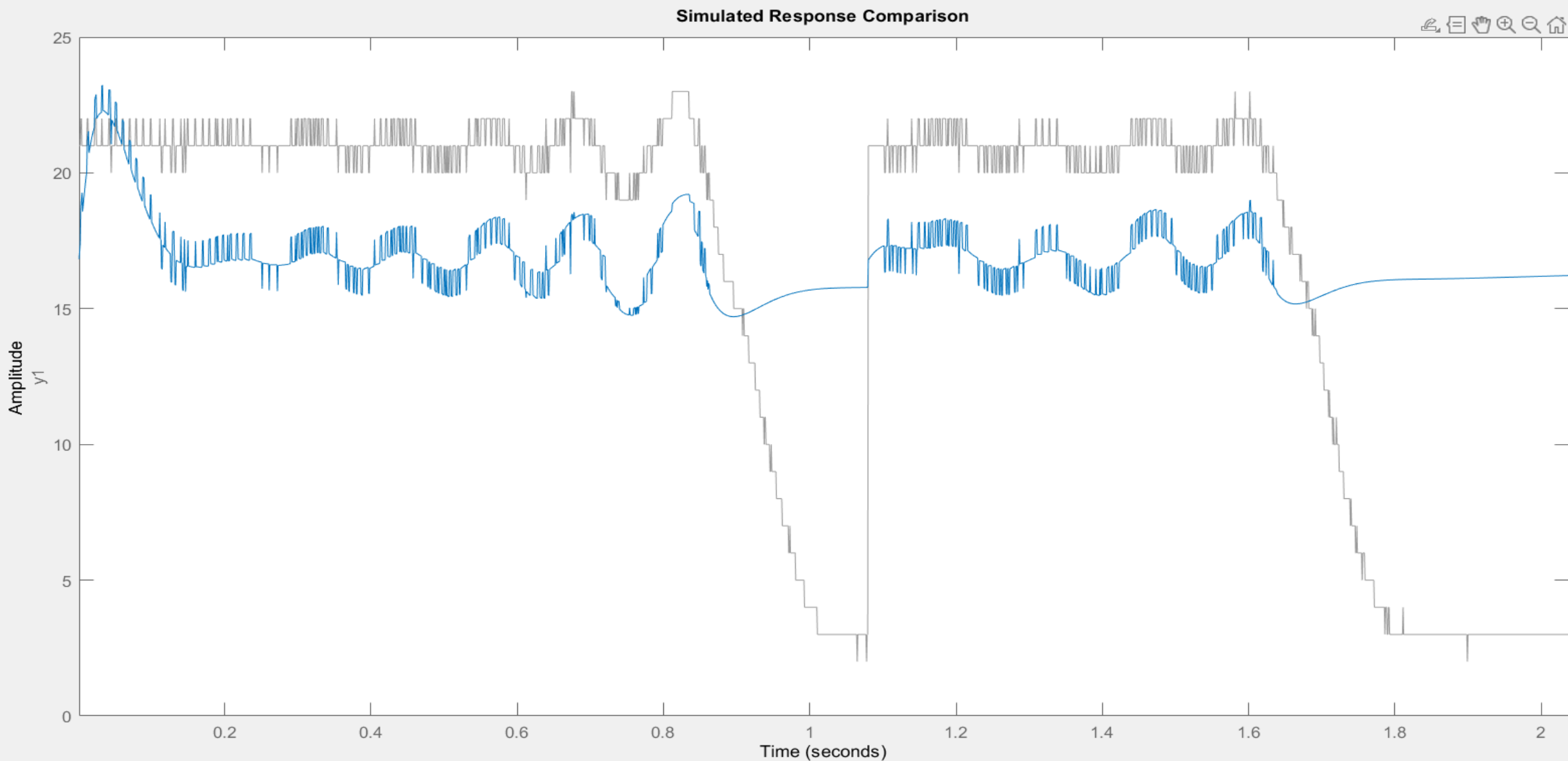
داده های آزمایشی



مقایسه‌ی مدل تخمین زده شده و داده های آموزشی



مقایسه‌ی مدل تخمین زده شده و داده های آزمایشی



تابع تبدیل تخمین زده شده و گزارش شناسایی سیستم

```
sysTF =  
From input "u1" to output "y1":  
-0.009711 s^3 - 0.8617 s^2 - 10.49 s + 4.334  
-----  
s^3 + 47.93 s^2 + 1046 s + 20.41
```

Status:

Estimated using TFEST on time domain data "data_train".

Fit to estimation data: 43.34%

FPE: 0.6898, MSE: 0.6882



رسم نمودارهای کنترلی و پیدا کردن مقادیر بهره و صفر و قطب‌ها

- استفاده از دستور $zpk()$ به منظور پیدا کردن مقادیر بهره و صفر و قطب‌ها
- رسم نمودار $Rlocus$ به منظور نمایش محل صفر و قطب‌ها و تحلیل پایداری

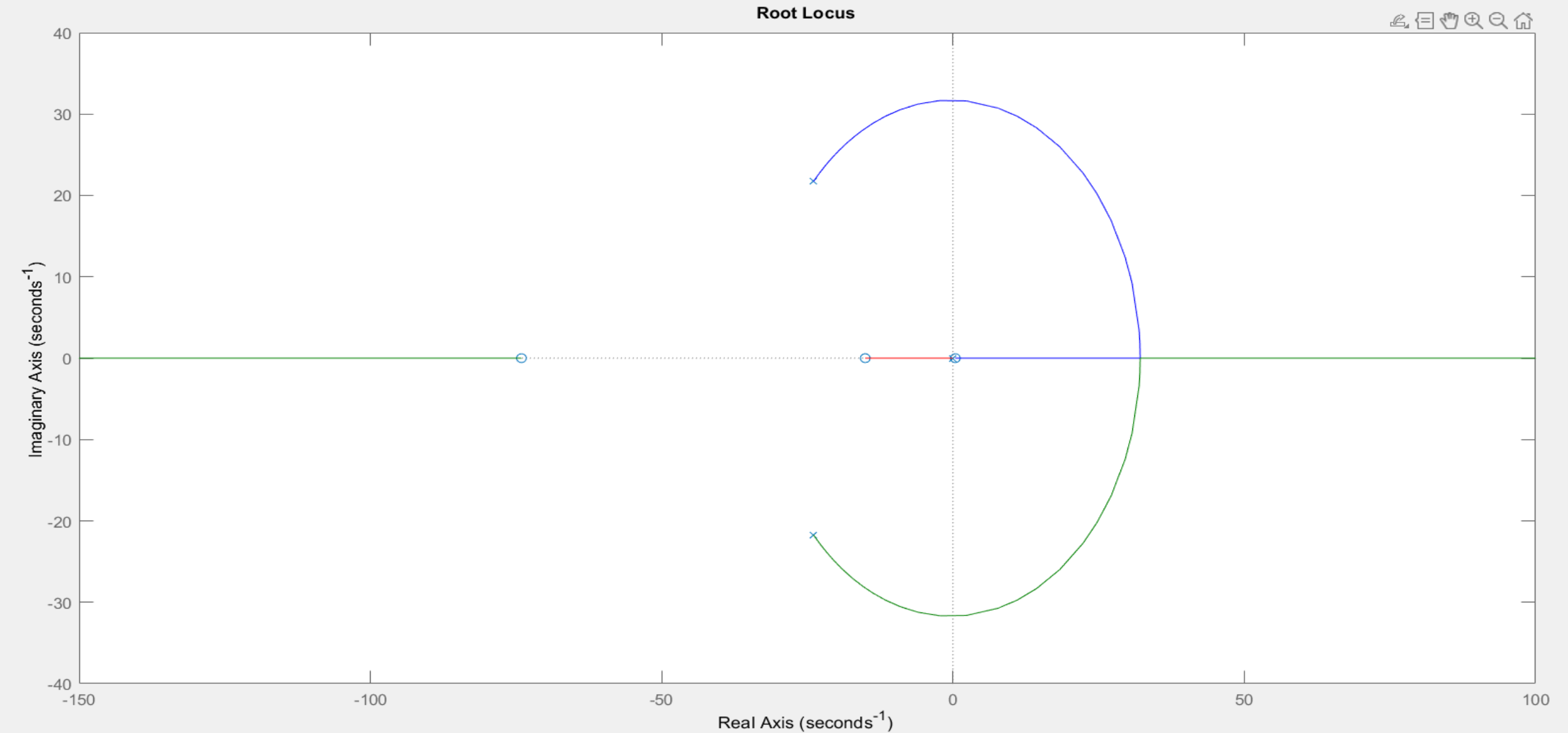


مقادیر بهره و صفر و قطب‌ها

```
From input "u1" to output "y1":  
-0.0097111 (s+74.07) (s+15.07) (s-0.3998)  
-----  
(s+0.01953) (s^2 + 47.91s + 1045)
```

- بهره منفی
- دو صفر سمت چپ دور از محور $j\omega$
- یک صفر سمت راست نزدیک به محور $j\omega$
- یک جفت قطب مختلط
- یک قطب حقیقی سمت چپ نزدیک محور $j\omega$

نمودار Rlocus

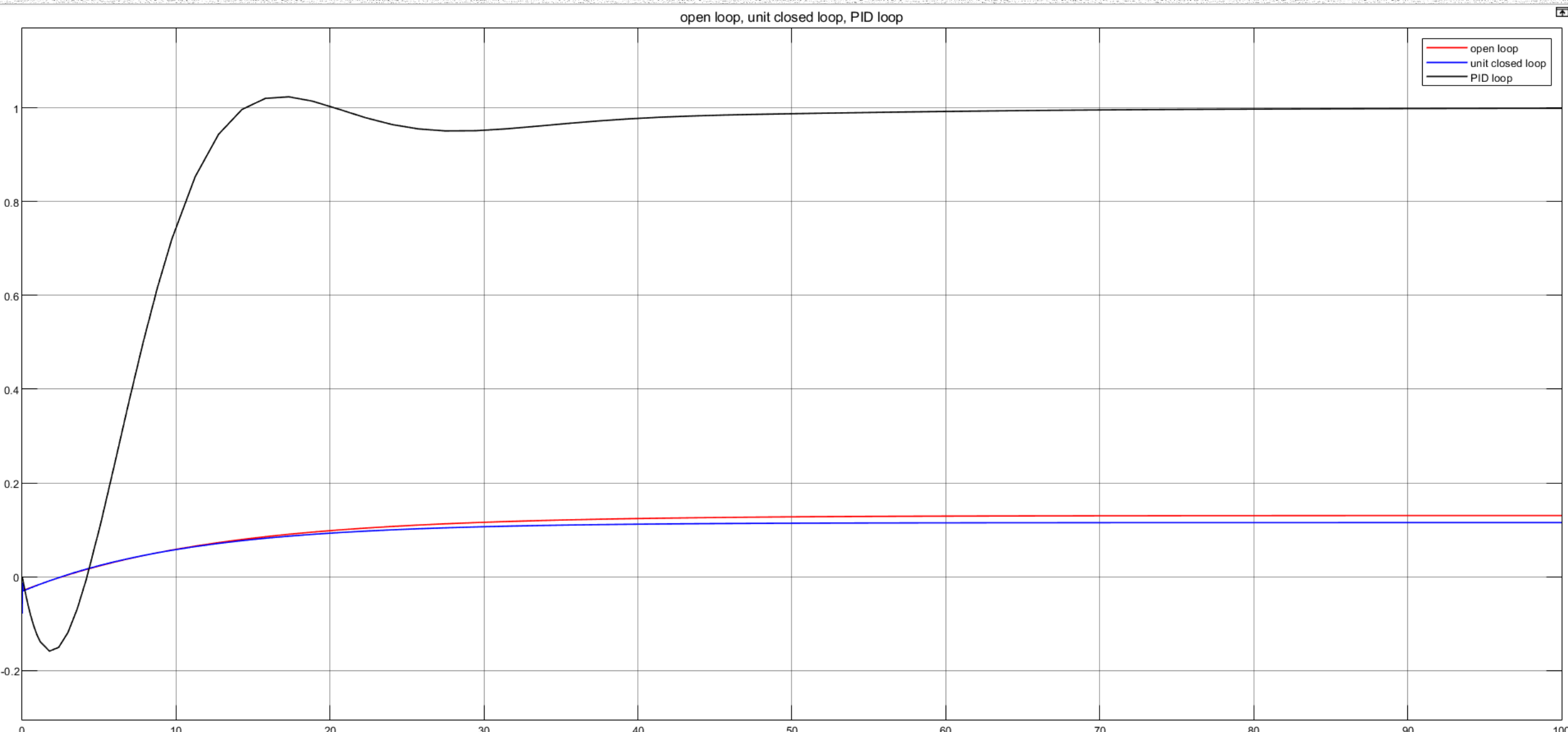




طراحی کنترلر و شبیه‌سازی برای سیستم تخمین زده شده

- طراحی یک حلقه کنترلی با کنترلر PID در نرم‌افزار Simulink
- تنظیم ضرایب PID با استفاده از ابزار Auto tuning
- تنظیم دقیق ضرایب به منظور دست‌یابی به بهترین پاسخ
- تحلیل ویژگی‌های کنترلی پاسخ به دست‌آمده

مقایسه پاسخ پله سیستم حلقه باز، حلقه بسته بدون کنترلر و حلقه بسته با کنترلر PID



ضرایب و ویژگی های کنترلی کنترلر PID

Controller Parameters

	Tuned	Block	
P	11.2142	11.2142	
I	0.79511	0.79511	
D	-23.4599	-23.4599	
N	0.47801	0.47801	

Performance and Robustness

	Tuned	Block	
Rise time	6.94 seconds	6.94 seconds	
Settling time	41.4 seconds	41.4 seconds	
Overshoot	2.51 %	2.51 %	
Peak	1.03	1.03	
Gain margin	8.6 dB @ 0.424 rad/s	8.6 dB @ 0.424 rad/s	
Phase margin	60.3 deg @ 0.131 rad/s	60.3 deg @ 0.131 rad/s	
Closed-loop stability	Stable	Stable	

نتیجه‌گیری

بخش ۴

- بررسی نتایج حاصل از ساختار سخت افزاری
- بررسی نتایج حاصل از سیستم کنترلی



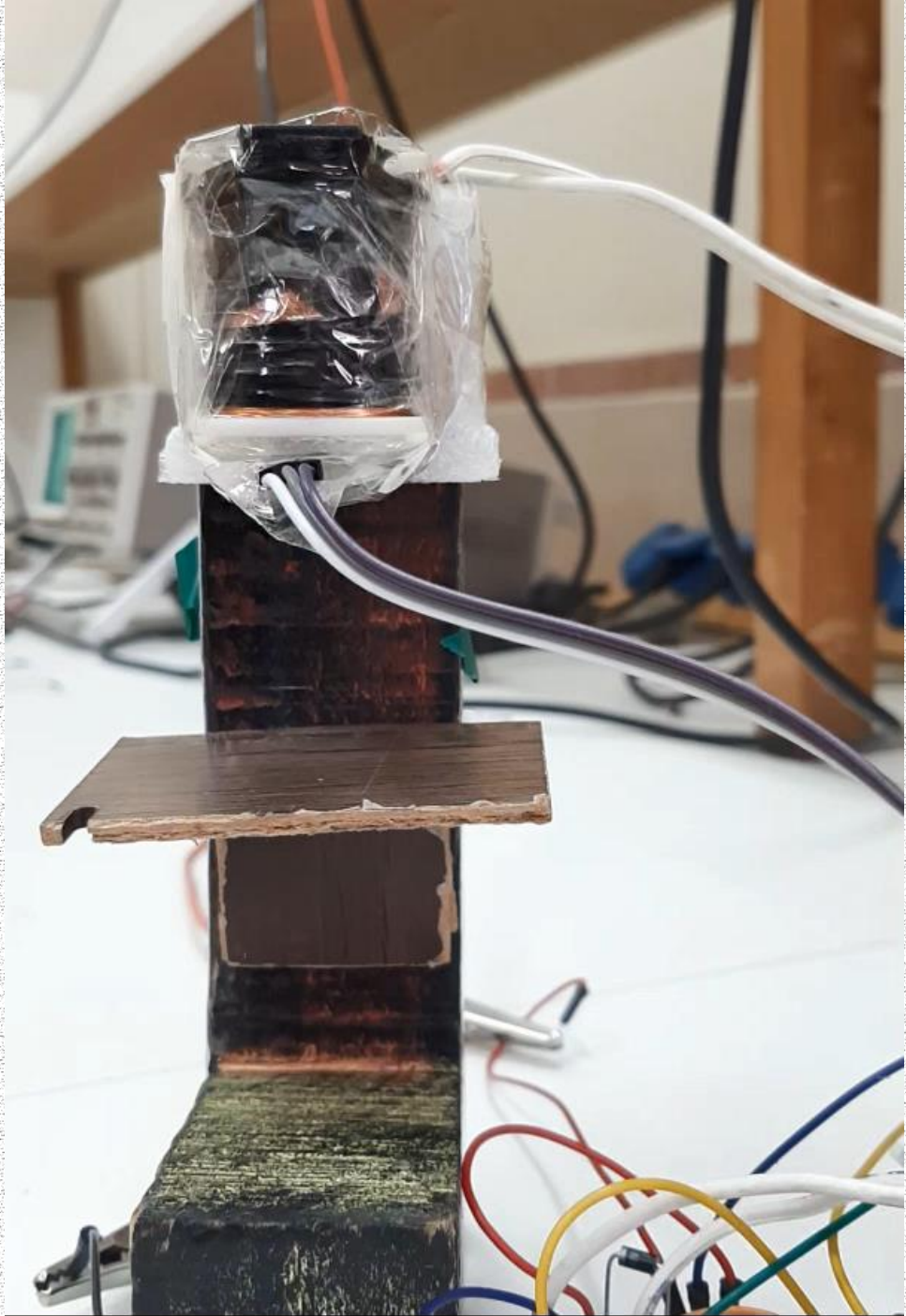
نتیجه گیری از سیستم سخت افزاری

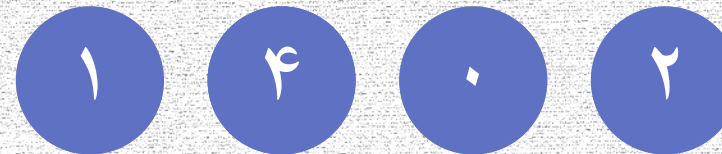
- سیستم الکتریکی و مکانیکی طراحی شده در این پژوهش، توانایی اجرای عملیات‌های خواسته شده را دارند.
- با استفاده از برد آردوینو می‌توان سیستم کنترلی مورد نظر را به درستی پیاده‌سازی و اجرا کرد.



نتیجه گیری از سیستم کنترلی

- با استفاده از کنترلر PID نمی توان به طور پایدار سیستم را کنترل کرد.
- در بهترین آزمایش، آهنربا ۲۰ ثانیه حول نقطه کار رفتار نوسانی داشت.





ممنون از توجه شما

دانشجو: علیرضا امیری

شماره دانشجویی: ۹۸۲۱۵۱۰۲۸

استاد راهنما: دکتر محمدحسین کاظمی

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی
گروه برق - کنترل