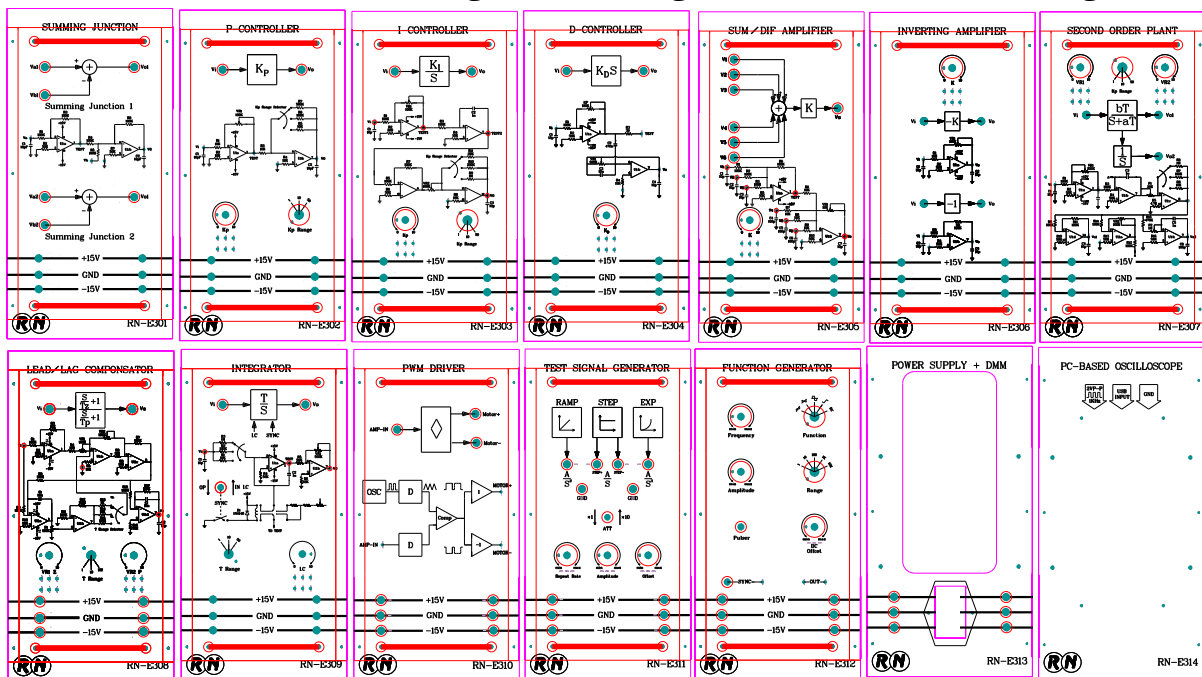


فصل اول : تشریح کلی مجموعه آموزشی RN-LCT

مجموعه آموزشی کنترل خطی مدل RN-LCT توسط شرکت بین المللی الکترونیک رایان نیک طراحی شده است . این مجموعه آموزشی پس از چند مرحله نمونه سازی و تست ، تولید گردیده و در اختیار کاربران قرار گرفته است .
تجهیزات قرار داده شده روی این مجموعه آموزشی متناسب با سر فصل آزمایشگاه کنترل خطی ، ارائه شده از سوی وزارت محترم علوم و بازار صنعت کشور در این رشته می باشد . این ماژول ها به منظور یادگیری مباحث خوانده شده در قسمت های تئوری طراحی و ساخته شده اند.

مجموعه آموزشی RN-LCT متشکل از ۱۲ ماژول آموزشی همانند شکل زیر می باشد.



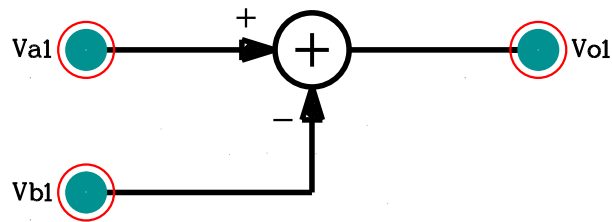
این مجموعه آموزشی شامل ۱۲ ماژول اصلی طبق عناوین و کدهای تشریح شده در زیر می باشد .

- 1-SUMMING JUNCTION (RN-E301)
- 2- P CONTROLLER (RN-E302)
- 3- I CONTROLLER (RN-E303)
- 4- D CONTROLLER (RN-E304)
- 5- SUM/DIF AMPLIFIER (RN-E305)
- 6-INVERTING AMPLIFIER (RN-E306)
- 7-SECOND ORDER PLANT (RN-E307)
- 8-LEAD/LAG COMPENSATOR (RN-E308)
- 9-INTEGRATOR (RN-E309)
- 10- TEST SIGNAL GENERATOR (RN-E311)
- 11- FUNCTION GENERATOR (RN-E312)
- 12- POWER SUPPLY+DMM (RN-E313)

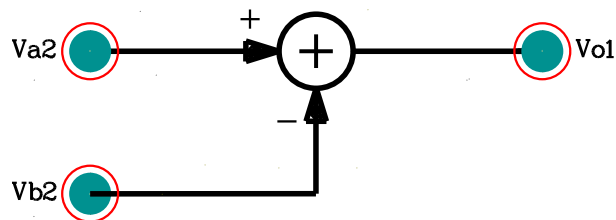
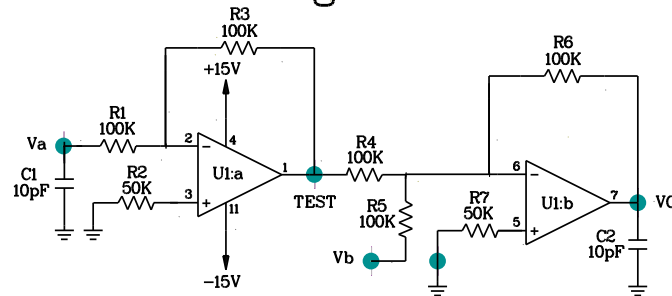
در ادامه مطالب تمامی تجهیزات مورد استفاده در این مجموعه آموزشی به طور کامل توضیح داده شده است .

ماژول اول : SUMMING JUNCTION

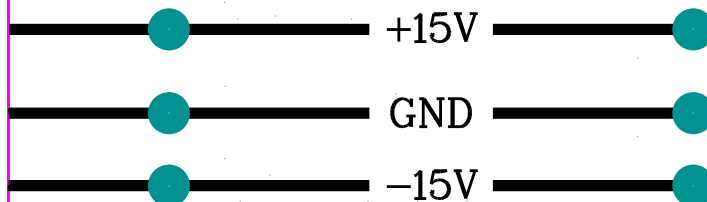
SUMMING JUNCTION



Summing Junction 1



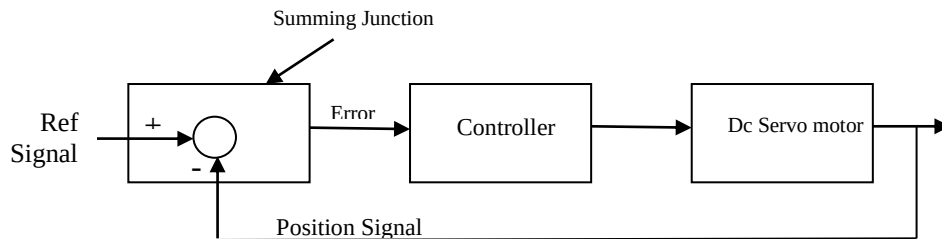
Summing Junction 2



RN-E301



این ماژول عموماً در سیستم های فیدبک دار استفاده می شود. برای مثال شکل ۲، سیستم کنترلی سروو موتور dc را نشان میدهد، سیگنال مرجع و سیگنال فیدبک position به عنوان ورودی summing junction به هم متصل می شوند. در خروجی ماژول یک سیگنال خطا به منظور نگه داشتن موتور در وضعیت تصمیم گرفته شده تولید می شود. سیگنال خطای تولید شده اختلاف دو



شکل ۲. بلوک دیاگرام سروو موتور در سیستم کنترل

سیگنال اعمال شده به ورودی می باشد.

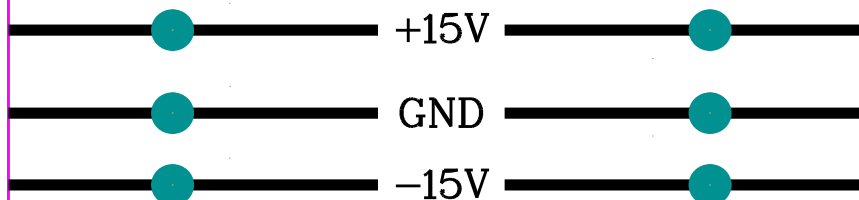
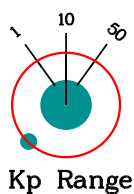
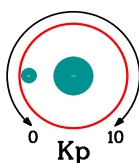
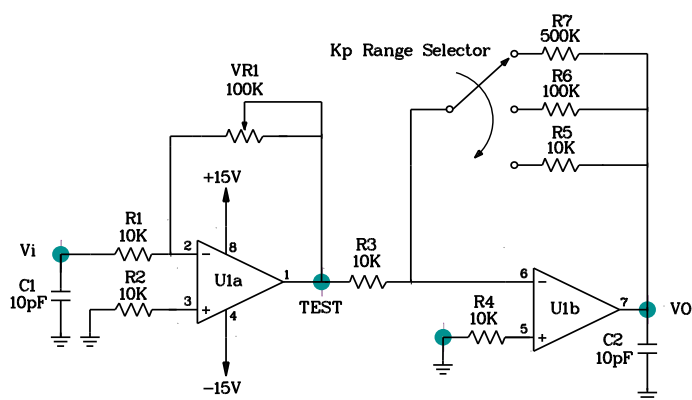
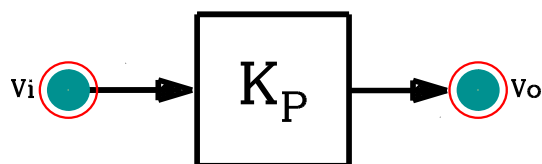
نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- توسط فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی در فرکانس ۱۰۰ هرتز با دامنه ۱ ولت تولید نمایید. سیگنال تولید شده را به ورودی V_{a1} ماژول summing junction متصل نمایید. با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال های V_{a1} و V_{o1} را اندازه گیری نمایید. هر دو سیگنال می بایست هم فرکانس هم دامنه و هم فاز باشند. ($V_{a1}=V_{o1}$)
- ۲- در این مرحله سیگنال تولید شده توسط فانکشن ژنراتور را به ورودی دیگر summing junction یعنی V_{b1} متصل نمایید. با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ورودی و خروجی را اندازه گیری نمایید. هر دو سیگنال می بایست هم دامنه و هم فرکانس اما ۱۸۰ درجه اختلاف فاز داشته باشند. ($V_{b1}=-V_{o1}$)
- ۳- حال سیگنال تولیدی توسط فانکشن ژنراتور را به هر دو ورودی summing junction متصل نموده و خروجی را با اسیلوسکوپ اندازه گیری نمایید. در این مرحله خروجی می بایست برابر صفر ولت باشد زیرا :

$$V_{o1}=V_{a1}-V_{b1}=0$$

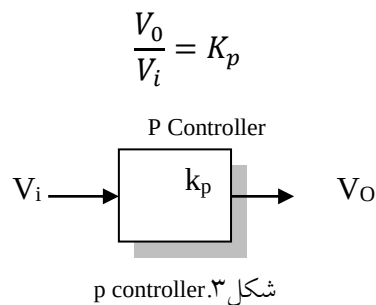
ماژول دوم : P CONTROLLER

P-CONTROLLER



RN-E302

کنترل کننده PID یکی از مهمترین کنترل کننده های آنالوگ در صنعت می باشد. این کنترل کننده ترکیبیست از کنترل کننده های تناسبی (P) انتگرالی (I) و مشتقی (D). در این مجموعه آموزشی هر یک از این سه کنترل کننده جداگانه و پشت سر هم در اختیار کاربر قرار گرفته اند. در شکل ۳ بلوک دیاگرام کنترلر تناسبی را همراه با رابطه اش نشان داده شده است.

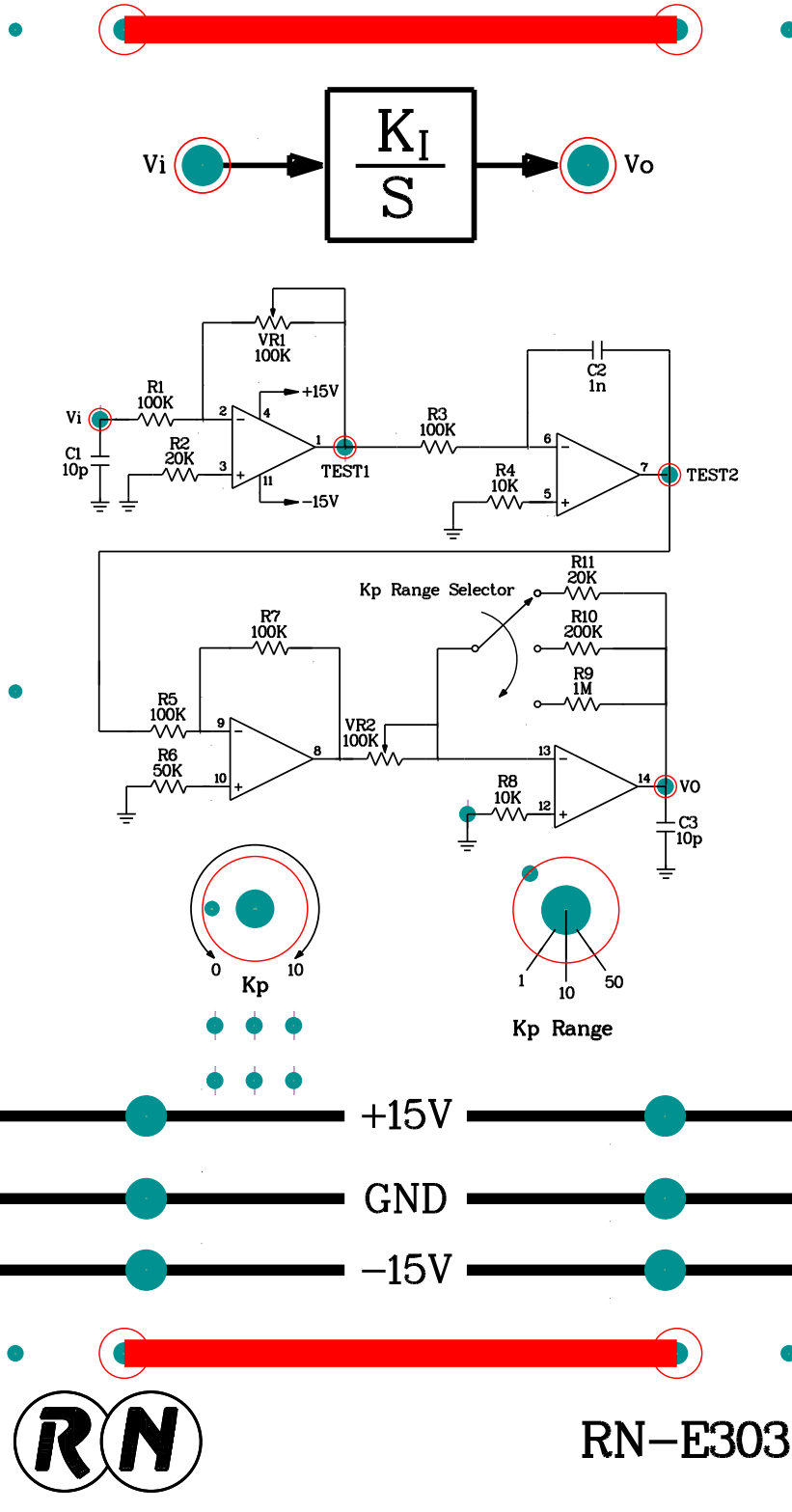


نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- توسط فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی در فرکانس ۱۰۰ هرتز با دامنه ۱ ولت تولید نمایید. سپس ولوم تنظیم آفست را در وسط قرار دهید. حال سیگنال تولیدی را به ورودی کنترلر تناسبی اعمال نمایید.
- ۲- ولوم K_p را توسط مولتی متر روی ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید.
- ۳- سلکتور موجود را روی حالت $x1$ قرار دهید.
- ۴- در این مرحله با استفاده از اسیلوسکوپ ورودی و خروجی کنترلر را اندازه گیری نمایید. مقدار ورودی و خروجی می بایست هم اندازه باشد.
- ۵- حال سلکتور را روی $x10$ قرار داده و مرحله ۴ را تکرار نمایید. در این حالت می بایست خروجی ۱۰ برابر ورودی باشد.
- ۶- حال سلکتور را روی $x50$ قرار داده و مرحله ۴ را تکرار نمایید. در این حالت می بایست خروجی ۵۰ برابر ورودی باشد.

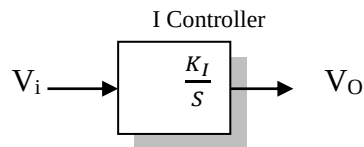
I CONTROLLER : ماژول سوم

I-CONTROLLER



این ماژول در حقیقت عمل انتگرال گیری کنترلر PID را انجام می دهد. شکل ۴ بلوک دیگر و رابطه مربوط به این ماژول را نشان می دهد.

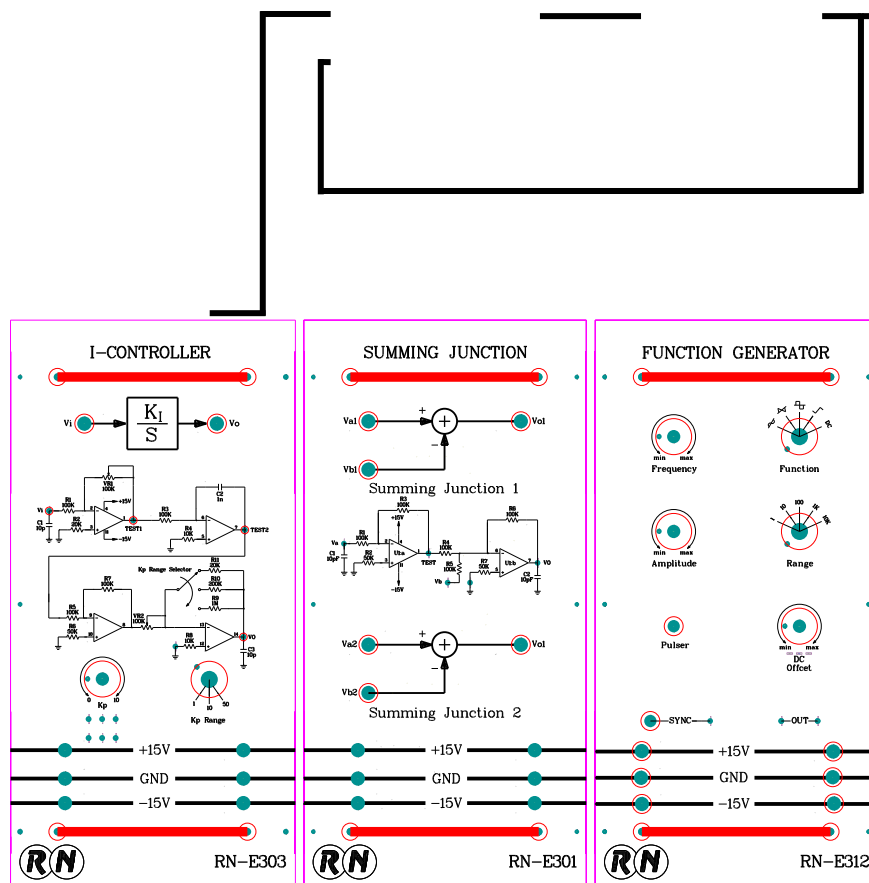
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{K_I}{S}$$



شکل ۴. I controller

نحوه تست و استفاده از این ماژول :

۱- با استفاده از فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۵,۹ هرتز و دامنه ۱ ولت تولید نمایید. مدار شکل زیر را روی رک ببندید.





۲- سلکتور K_i را در موقعیت $X10$ قرار دهید .

۳- ولوم K_i را توسط مولتی متر روی ۹۰ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید.

۴- در این مرحله با استفاده از اسیلوسکوپ ورودی و خروجی کنترلر را اندازه گیری نمایید. در این حالت دامنه V_o می بایست نصف مقدار دامنه V_i باشد .

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{|K_i|}{|S|} = \frac{|50|}{|Jw|} = \frac{|50|}{|J100|} = \frac{1}{2}$$

$$\angle \frac{V_o}{V_i} = -90$$

۵- سلکتور K_I را در موقعیت $1 \times$ قرار دهید . در این شرایط ، بهره کنترلر برابر $\frac{10}{S} = \frac{V_o}{V_i}$ می باشد .

۶- با استفاده از اسیلوسکوپ ورودی و خروجی کنترلر را اندازه گیری نمایید . در این حالت V_o برابر $0/1$ مقدار V_i خواهد بود .

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{|K_i|}{|S|} = \frac{10}{|Jw|} = \frac{|10|}{|J100|} = \frac{1}{10}$$

$$\angle \frac{V_o}{V_i} = -90$$

۷- سلکتور K_I را در موقعیت $50 \times$ قرار دهید . در این حالت بهره کنترلر برابر است با :

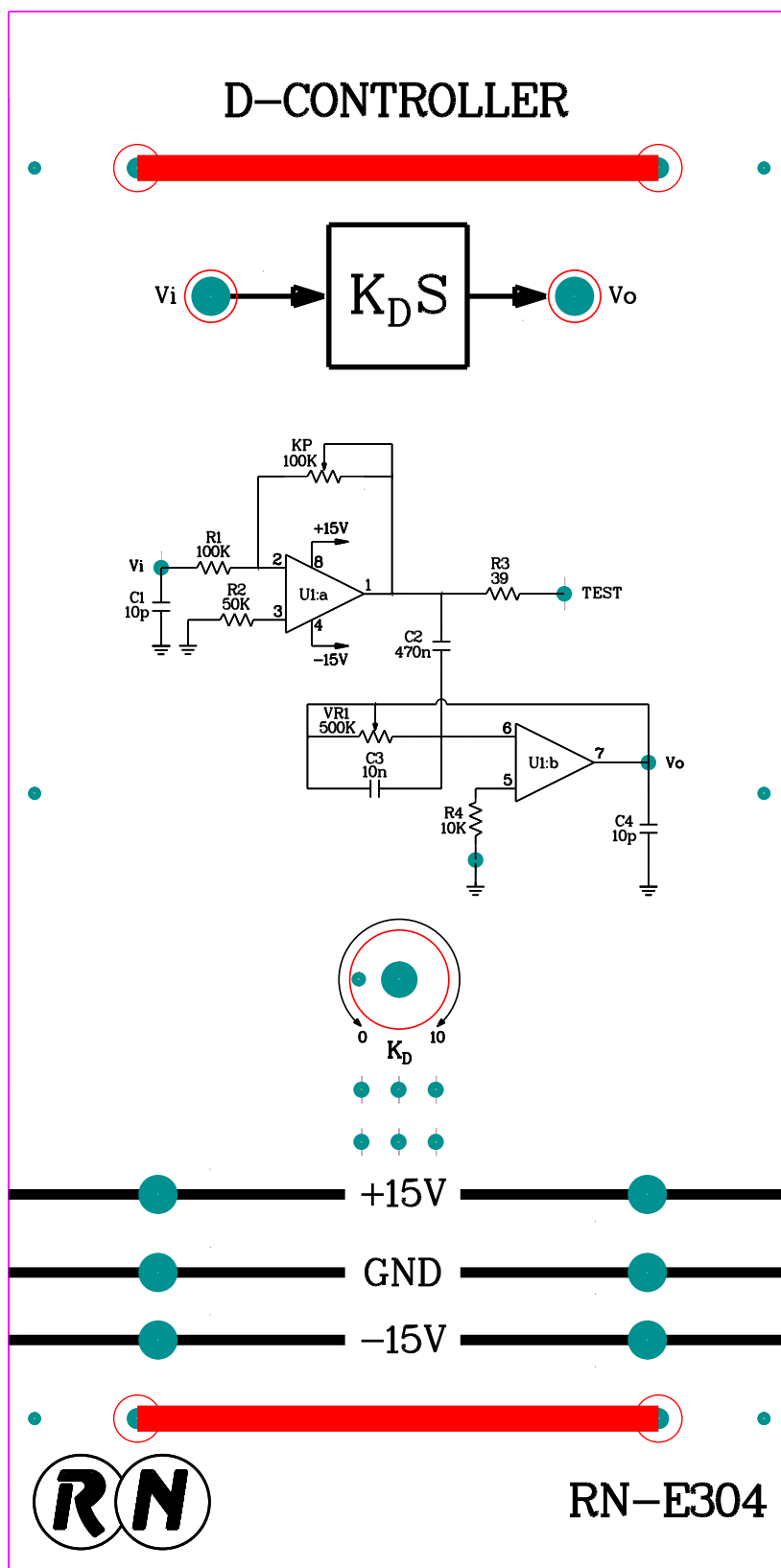
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{500}{S}$$

۸- با استفاده از اسیلوسکوپ ورودی و خروجی کنترلر را اندازه گیری نمایید . در این حالت مقدار خروجی می بایست برابر مقدار ورودی باشد .

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{|K_i|}{|S|} = \frac{100}{|Jw|} = \frac{|100|}{|J100|} = 1$$

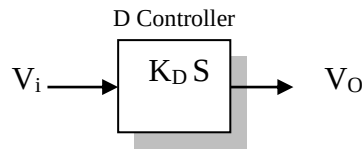
$$\angle \frac{V_o}{V_i} = -45$$

ماژول چهارم : D CONTROLLER





این ماژول در حقیقت عمل مشتق‌گیری کنترلر PID را انجام می‌دهد. شکل ۵ بلوک دیگرام و رابطه مربوط به این ماژول را نشان می‌دهد.



شکل ۵. D controller

نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- با استفاده از فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۵,۹ هرتز و دامنه ۱ ولت تولید نمایید. خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی کنترلر متصل نمایید.
- ۲- ولوم K_D را توسط مولتی متر روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید.
- ۳- با استفاده از اسیلوسکوپ ورودی و خروجی کنترلر را اندازه‌گیری نمایید. در این حالت مقدار خروجی می‌بایست ۱۰ برابر مقدار ورودی با اختلاف پیش فاز ۹۰ درجه باشد.

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = |K_D S| = |j0.1\omega| = |j10| = 10$$

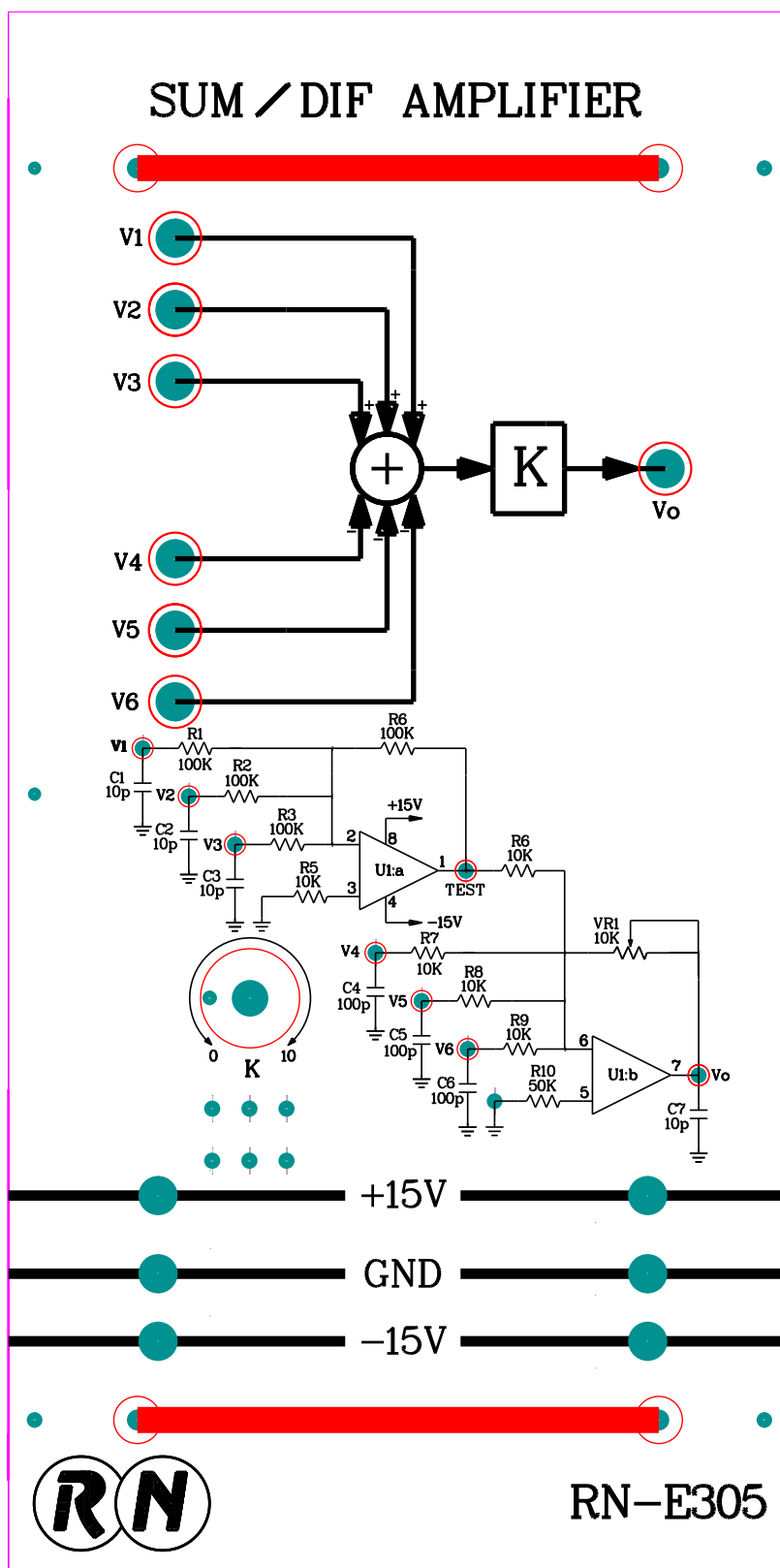
$$\angle \frac{V_o}{V_i} = 90$$

- ۴- با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال نقطه TEST را اندازه‌گیری نمایید. سیگنال این نقطه برابر است با :

$$|TEST| = - \frac{K_D |V_i|}{|10|}$$

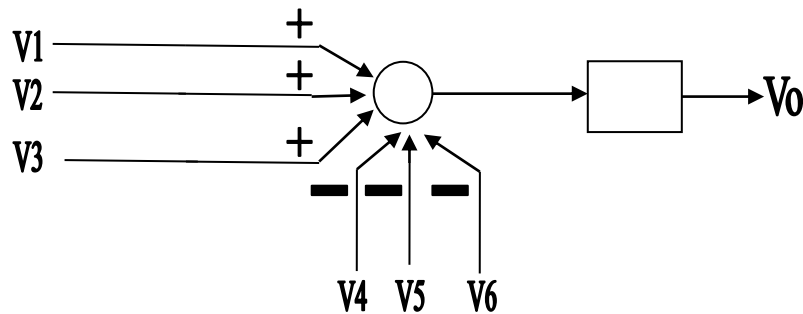
که K_D مقداری است که بوسیله ولوم کنترلر K_D تنظیم می‌شود.

ماژول پنجم : SUM / DIF AMPLIFIER



جمع کننده ها و تفریق کننده ها یکی از پر کاربرد ترین اجزای یک سیستم کنترلی محسوب می شوند . این ماژول عمل جمع و تفریق برای سیگنال های چندگانه را فراهم می نماید . همچنین این ماژول از یک جمع کننده / تفریق کننده و یک تقویت کننده با بهره K قابل تنظیم ، تشکیل شده است . شکل ۷ نشان دهنده بلوک دیاگرام و معادله ریاضی این تقویت کننده می باشد .

$$V_0 = K(V_1 + V_2 + V_3 - V_4 - V_5 - V_6)$$



شکل ۷

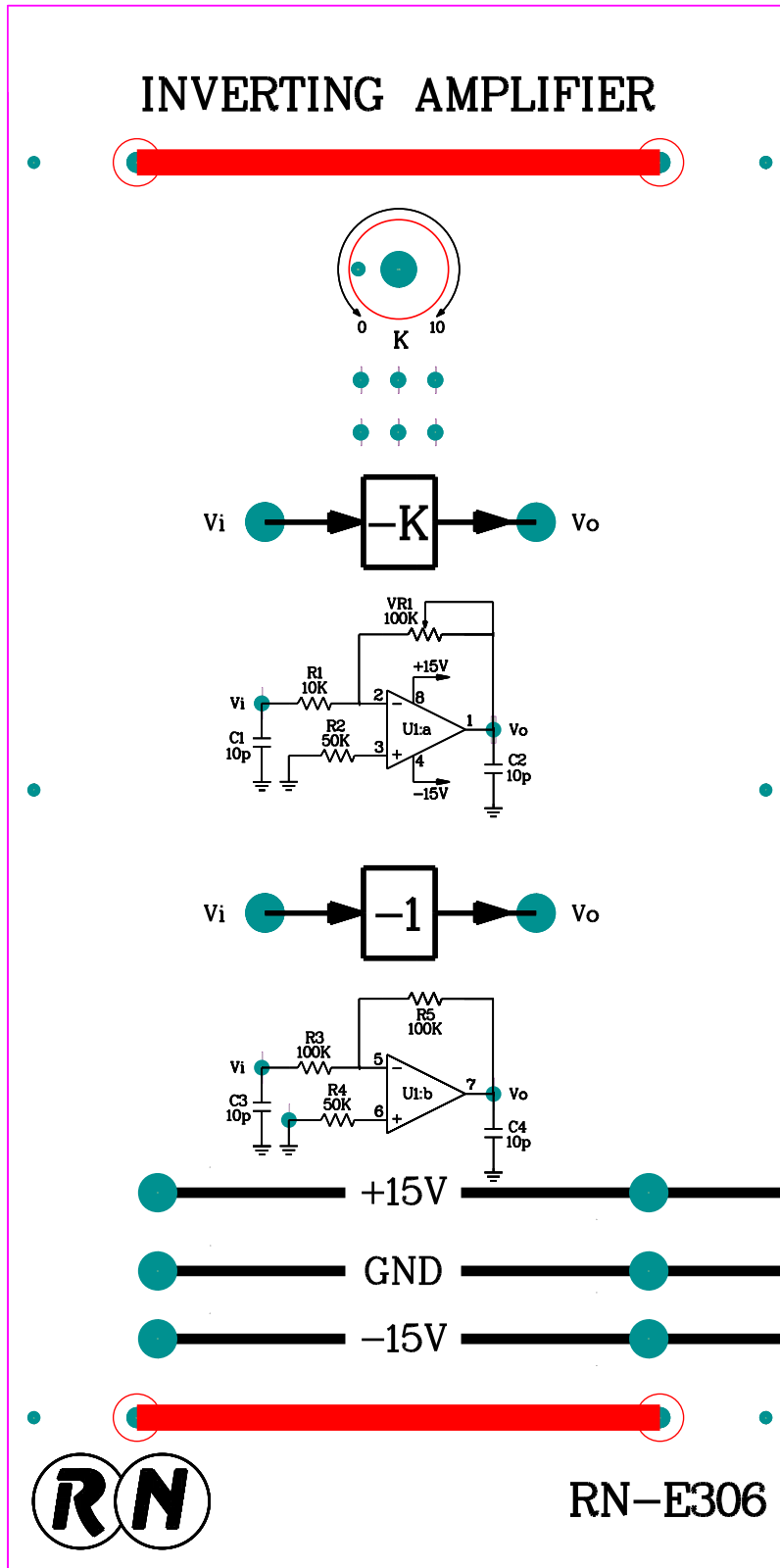
نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- با استفاده از فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۵,۹ هرتز و دامنه ۱ ولت تولید نمایید . خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_1 این ماژول متصل نمایید .
- ۲- ولوم K را توسط مولتی متر روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید .
- ۳- با استفاده از اسیلوسکوپ ورودی و خروجی کنترلر را اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_0 = V_1$ می باشد .
- ۴- خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_2 متصل نمایید . با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال V_2 را اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_0 = V_2$ می باشد .
- ۵- خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_3 متصل نمایید . با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال V_3 را اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_0 = V_3$ می باشد .
- ۶- خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_4 متصل نمایید . با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال V_4 را اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_0 = -V_4$ می باشد .
- ۷- خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_5 متصل نمایید . با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال V_5 را اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_0 = -V_5$ می باشد .
- ۸- خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_6 متصل نمایید . با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال V_6 را اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_0 = -V_6$ می باشد .
- ۹- این بار خروجی فانکشن ژنراتور را به ترتیب به ورودی های V_1 ، V_2 و V_3 متصل نمایید . سیگنال خروجی برابر می شود

با :

$$V_0 = |V_1 + V_2 + V_3|$$

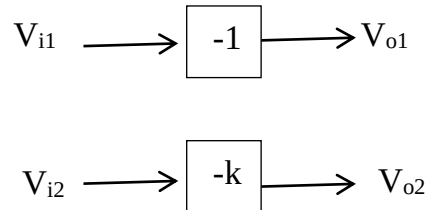
ماژول ششم : INVERTING AMPLIFIER





این ماژول شامل دو تقویت کننده معکوس می‌باشد. یک تقویت کننده بهره ۱- و تقویت کننده دیگر بوسیله ولوم K بهره دلخواه را تولید می‌کنند. شکل ۹ نشان دهنده بلوک دیاگرام و بیان ریاضی تقویت کننده های معکوس می‌باشد.

RN-E306



$$\frac{V_{o1}}{V_{i1}} = -1$$

$$\frac{V_{o2}}{V_{i2}} = -K : 0 - 10$$

شکل ۹

نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- با استفاده از فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۰۰ هرتز و دامنه ۱ ولت تولید نمایید. خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی تقویت کننده معکوس کننده دوم متصل نمایید
- ۲- از اسیلوسکوپ استفاده کرده و خروجی تقویت کننده را اندازه گیری نمایید. در این حالت می‌بایست خروجی تقویت کننده، معکوس ورودی باشد.

$$V_o = -V_i$$

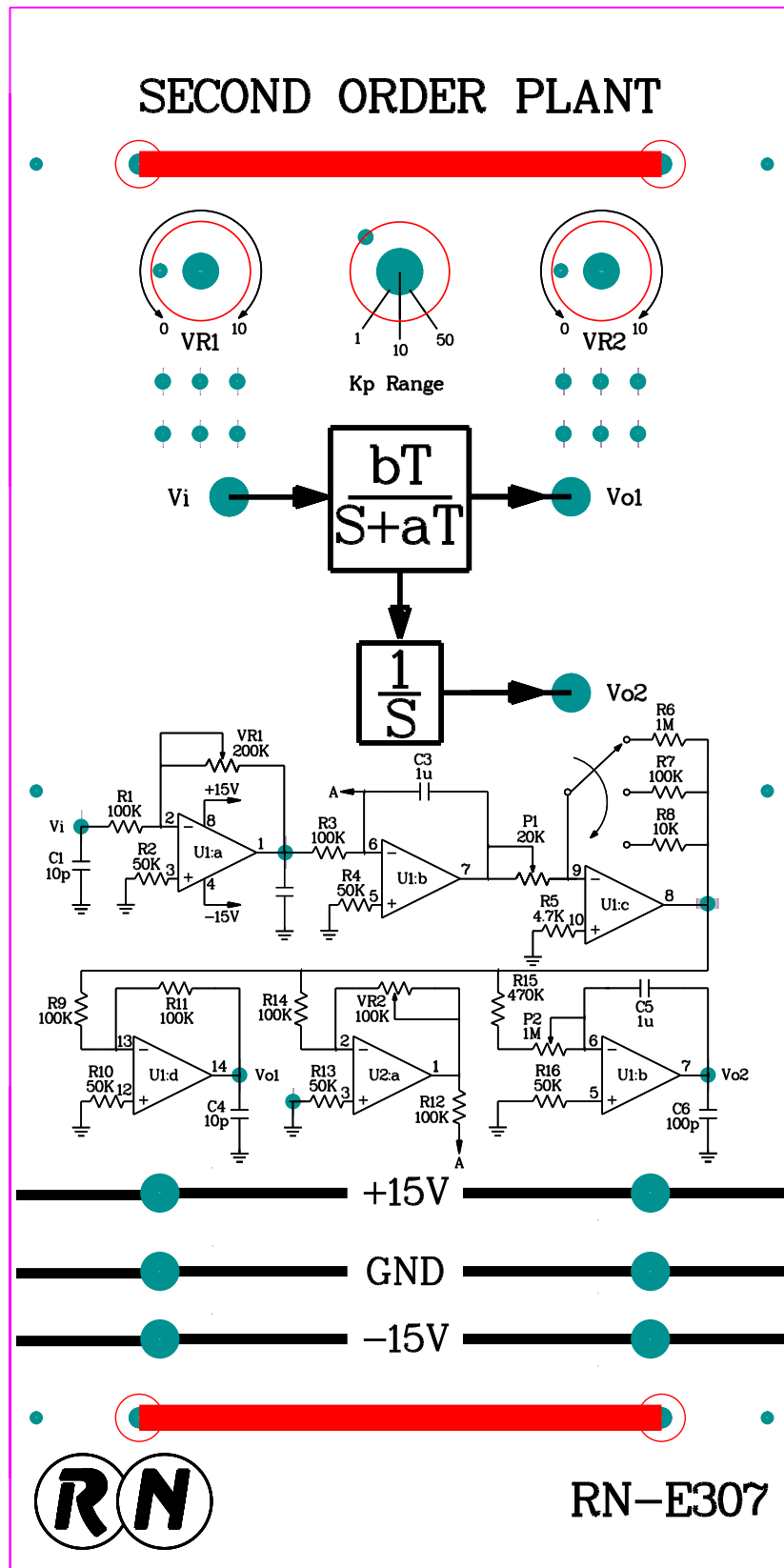
- ۳- ولوم K را توسط مولتی متر روی ۲ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید.
- ۴- خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی تقویت کننده اول متصل نمایید.
- ۵- با استفاده از اسیلوسکوپ خروجی تقویت کننده اول را اندازه گیری نمایید. در این حالت رابطه زیر برقرار می‌باشد.

$$V_o = -2V_i$$

- ۶- در این مرحله ولوم K را توسط مولتی متر روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید.
- ۷- با استفاده از اسیلوسکوپ خروجی تقویت کننده را مجدداً اندازه گیری نمایید. در این حالت رابطه زیر برقرار می‌باشد.

$$V_o = -5V_i$$

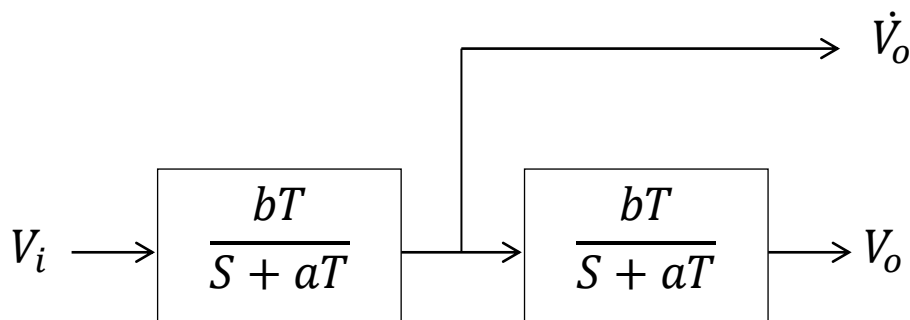
ماژول هفتم : SECOND ORDER PLANT



از آنجایی که FIRST ORDER PLANT و SECOND ORDER PLANT اغلب در شبیه سازی کنترل آنالوگ بکار می‌روند، برای راحتی بیش تر، سیستم کنترل آنالوگ RN-LCT ماژول SECOND ORDER PLANT را برای شبیه سازی فراهم کرده است. شکل ۱۱ نشان دهنده بلوک دیاگرام و بیان ریاضی این ماژول می‌باشد.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{bT}{S(S + aT)}$$

$$\frac{\dot{V}_o}{V_i} = \frac{bT}{S + aT}$$

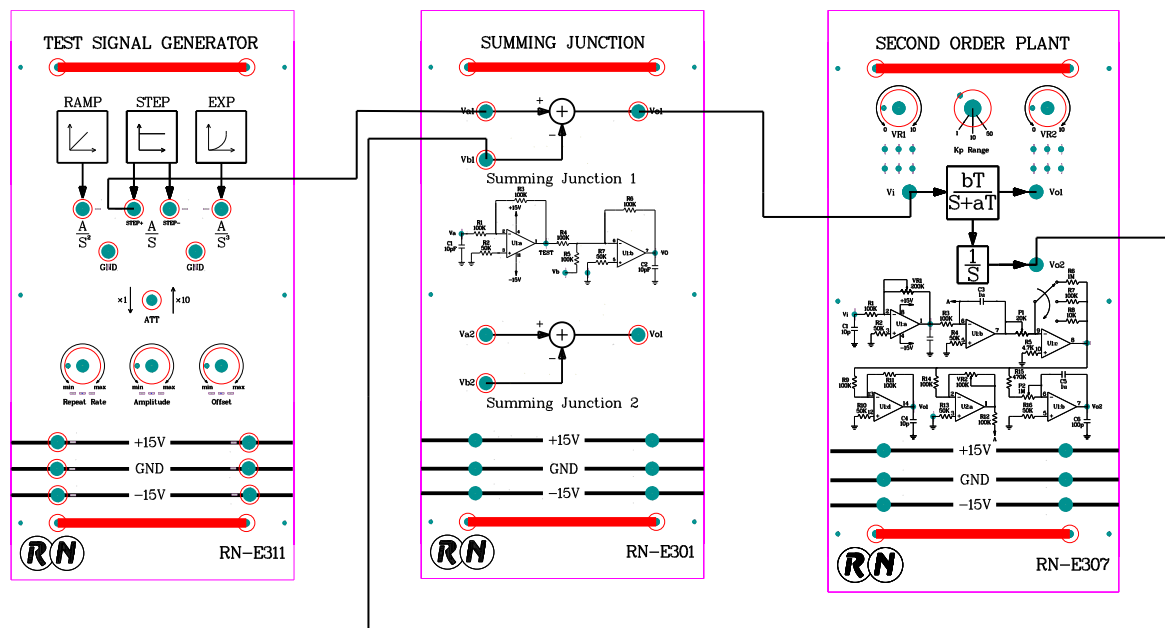


شکل ۱۱

نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- ترمینال خروجی Vo1 از ماژول RN-E301 را به ترمینال ورودی SECOND ORDER PLANT متصل نمایید و سپس ترمینال خروجی این ماژول را به ترمینال V1b از ماژول RN-E301 و ترمینال STEP + در RN-E311 را به ترمینال ورودی V1a در RN-E301 متصل نمایید.

شکل ۱۲ در صفحه بعد بیان گر این مطلب می‌باشد.



شکل ۱۲

- ۲- ولوم کنترل دامنه در ماژول RN-E311 را برای اینکه ترمینال خروجی STEP+ دارای موج مربعی با دامنه ۱ ولت باشد تنظیم نمایید و ولوم کنترل REPEAT RATE را نیز برای قرار دادن فرکانس موج مربعی خروجی بر روی ۰/۱ هرتز تنظیم نمایید.
- ۳- سلکتور T را در SECOND ORDER PLANT بر روی وضعیت ۱۰× قرار دهید.
- ۴- ولوم a را توسط مولتی متر روی ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید.
- ۵- ولوم b را توسط مولتی متر روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را نیز در مدار قرار دهید.
- ۶- تابع تبدیل سیستم به صورت زیر بیان می شود.

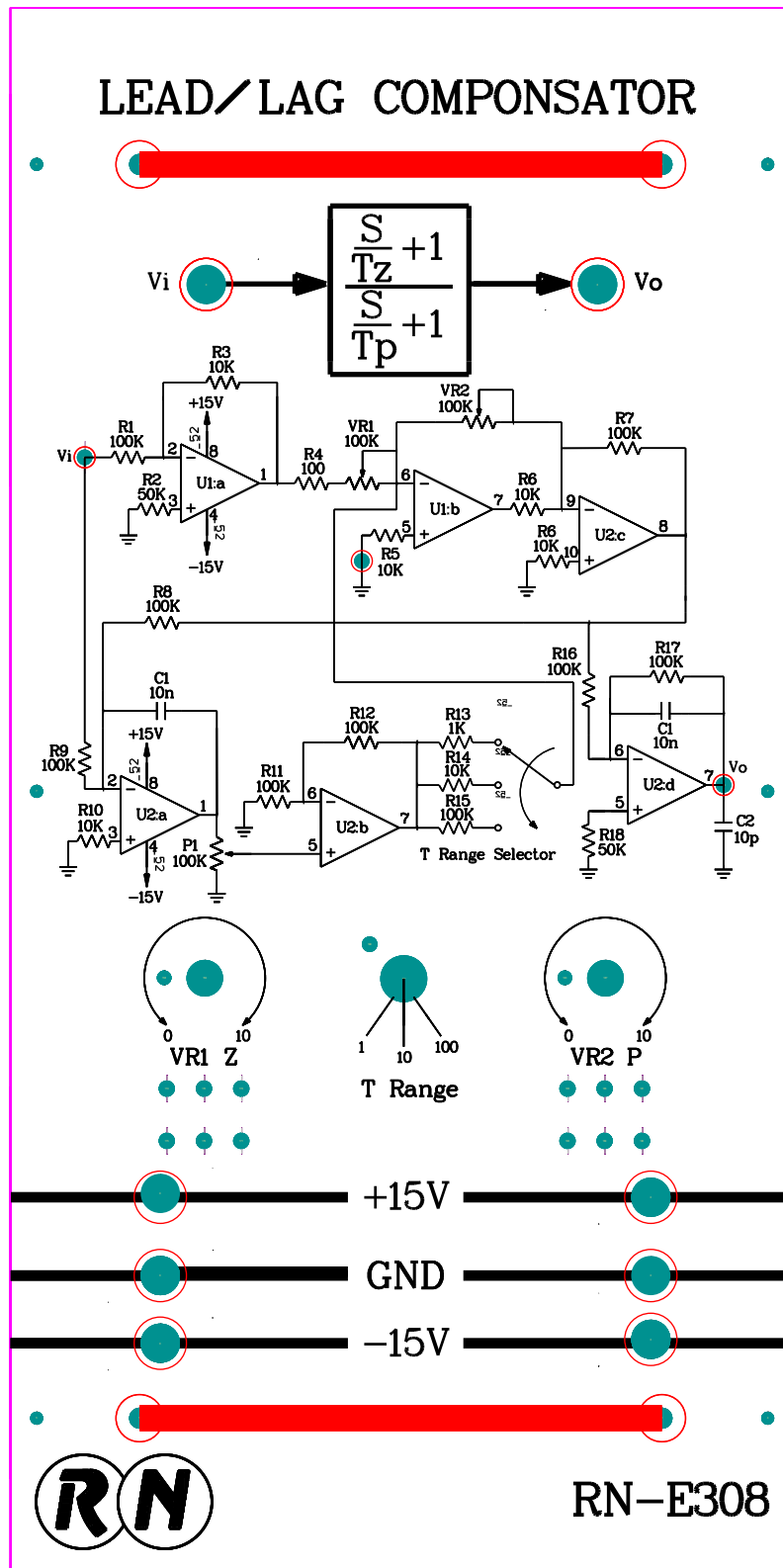
$$\frac{C(s)}{R(s) - C(s)} = \frac{bT}{S(S + aT)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100}{S^2 + 10S + 100}$$

$$\omega = 10 \quad \zeta = 0.5$$

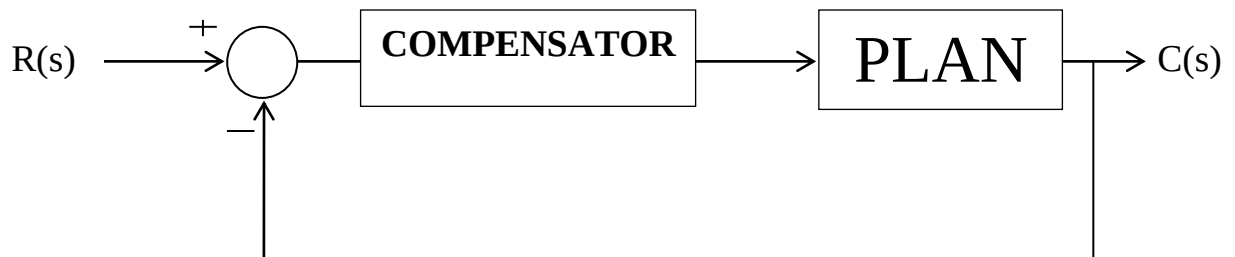
- ۷- با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال خروجی SECOND ORDER PLANT را اندازه گیری نمایید. خروجی دارای بالازدگی یا همان OVER SHOOT خواهد بود که ماکزیمم مقدار آن ۱۶/۳٪ در ۰/۳۶ ثانیه می باشد.

ماژول هشتم : LEAD / LAG COMPENSATOR





در طراحی سیستم های حلقه بسته ، طراحان همیشه قصد دارند که خروجی سیستم برای ورودی آن بطور کامل قابل شناسایی باشد. متأسفانه همیشه سیگنال خطا به خاطر محدودیت در مشخصات ساخت بین سیگنال های ورودی و خروجی وجود دارد . اغلب اوقات از متصل کردن یک جبران کننده به سیستم کنترل حلقه بسته برای طراحی یک کنترلر استفاده می شود . در شکل ۱۴ یک سیستم کنترل حلقه بسته با جبران ساز نشان داده شده است . همچنین یک جبران ساز می تواند پیش فاز و یا پس فاز می باشد .

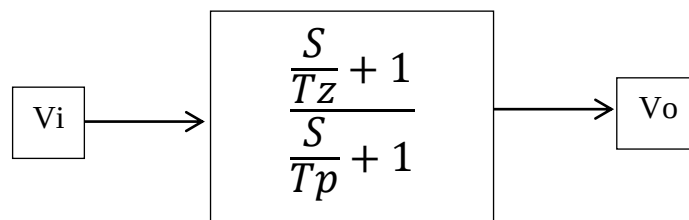


شکل ۱۴

جبران ساز پیش فاز می تواند به منظور بهبود پاسخ گذرای سیستم کنترل حلقه بسته و کاهش خطای حالت ماندگار بکار رود. همچنین جبران ساز پس فاز باعث بهبود خطای حالت ماندگار یک سیستم کنترل حلقه بسته می شود . اما این امر باعث کاهش سرعت در پاسخ خروجی می شود .

ماژول LEAD / LAG COMPENSATOR ترکیبی از جبران ساز های پیش فاز و پس فاز می باشد . شکل ۱۵ نشان دهنده بلوک دیاگرام و بیان ریاضی این سیستم کنترلی می باشد .

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{S}{Tz} + 1}{\frac{S}{Tp} + 1}$$



شکل ۱۵



نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- با استفاده از فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۵/۹ هرتز و دامنه ۱ ولت تولید نمایید . خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی ماژول RN-E308 متصل نمایید .
- ۲- سلکتور T را در موقعیت ۱۰× قرار دهید .
- ۳- ولوم Z را توسط مولتی متر روی ۷۰ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید .
- ۴- ولوم P را توسط مولتی متر روی ۹۰ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سه جامپر آن را در مدار قرار دهید .
- ۵- تابع تبدیل سیستم برابر است با :

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{S}{70} + 1}{\frac{S}{90} + 1}$$

- ۶- از اسیلوسکوپ برای اندازه گیری سیگنال ترمینال های V_O و V_I استفاده نمایید . در این حالت $V_O = 7.11 V_I$ می باشد.

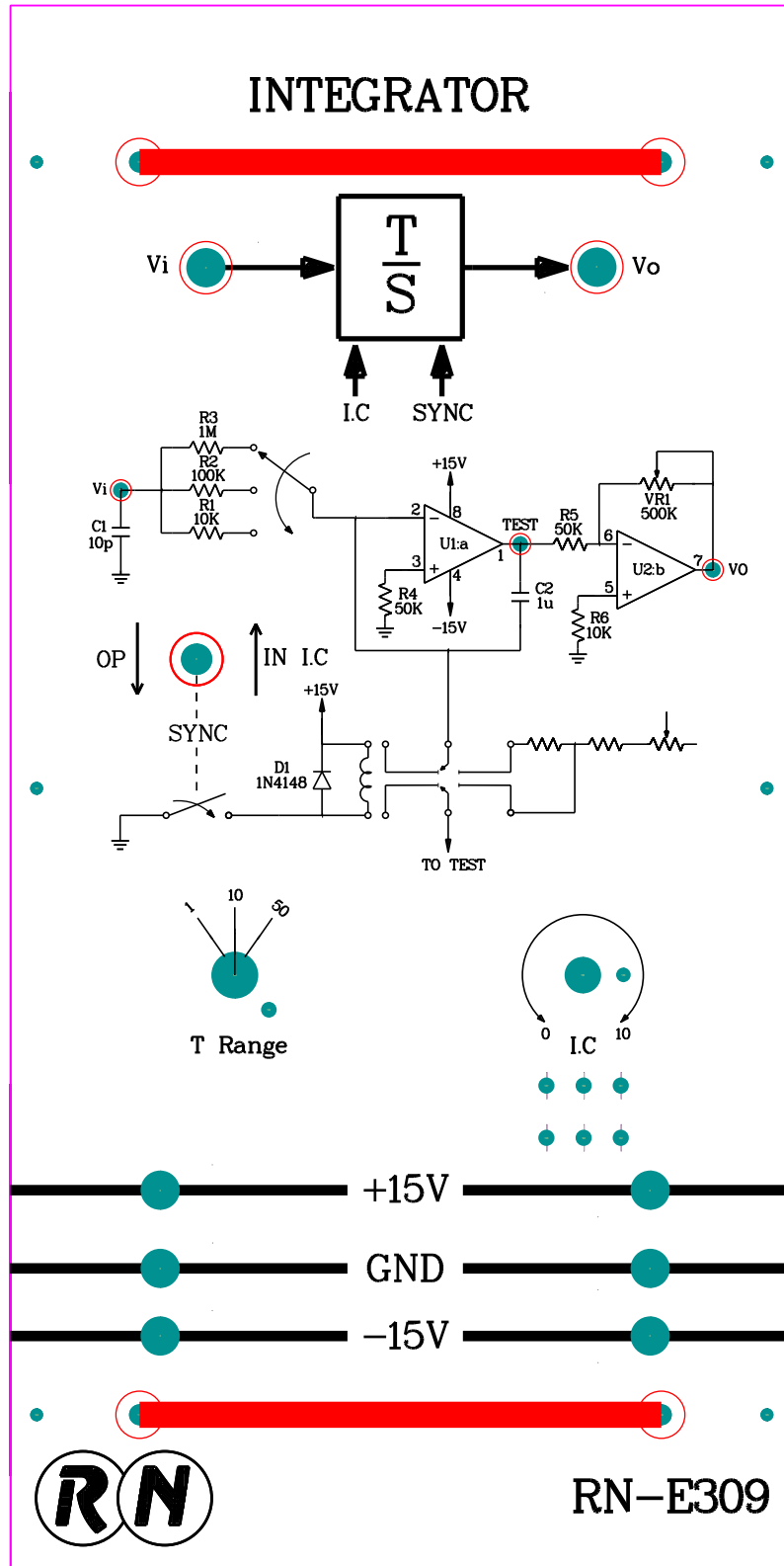
$$\left\| \frac{V_O}{V_I} \right\| = \left\| \frac{\frac{S}{70} + 1}{\frac{S}{90} + 1} \right\| = \left\| \frac{j100}{70} + 1}{j100}{90} + 1} \right\| \approx 7.11$$

- ۷- فرکانس فانکشن ژنراتور را به مقدار ۱۵/۹ هرتز تغییر دهید .
- ۸- از اسیلوسکوپ استفاده کرده و سیگنال ترمینال های V_O و V_I اندازه گیری نمایید . در این حالت $V_O = 1.44 V_I$ می باشد .

$$\left\| \frac{V_O}{V_I} \right\| = \left\| \frac{\frac{S}{70} + 1}{\frac{S}{90} + 1} \right\| = \left\| \frac{j10}{70} + 1}{j10}{90} + 1} \right\| \approx 1.41$$

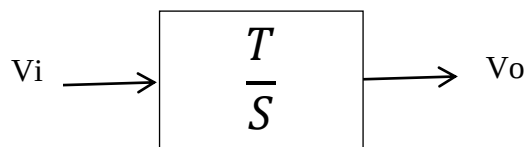
- ۹- در این مرحله مقادیر Z و P را آنچنان تغییر دهید که سیگنال خروجی کوچک تر از سیگنال ورودی شود و $V_O = 0.71 V_I$ شود .

ماژول نهم : INTEGRATOR



اگر چه معادلات تفاضلی معمولاً برای توضیح یک سیستم فیزیکی استفاده می‌شوند ، اما عملاً نمی‌توان از یک تفریق کننده در شبیه سازی سیستم های کنترلی استفاده نمود .
اولین دلیل این است که بهره تفریق کننده با افزایش فرکانس سیگنال ، افزایش می‌یابد . بطور کلی نویز یک سیگنال فرکانس بالا ، زیاد است . بنابراین اگر یک تفریق کننده درگیر شود ، کیفیت سیگنال به شدت کاهش می‌یابد . در نتیجه ، انتگرال گیر یک المان مهم در شبیه سازی یک سیستم آنالوگ محسوب می‌شود .
شکل ۱۷ نشان دهنده بلوک دیاگرام و بیان ریاضی انتگرال گیر می‌باشد .

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{T}{S}$$



شکل ۱۷. انتگرال گیر RN-E308

نحوه تست و استفاده از این ماژول :

- ۱- با استفاده از فانکشن ژنراتور سیستم یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۵/۹ هرتز و دامنه ۱ ولت تولید نمایید . خروجی فانکشن ژنراتور را به ورودی V_{1a} از ماژول RN-E301 متصل نمایید . سپس خروجی این بلوک یعنی V_{O1} را به ورودی ماژول انتگرال گیر اتصال دهید . از خروجی انتگرال گیر نیز می‌بایست فیدبکی گرفته شود و به ترمینال V_{1b} وصل شود .
- ۲- کلید SYNC را در وضعیت IN I.C و کلید I.C را در وضعیت + قرار دهید . از اسیلوسکوپ استفاده کرده و سیگنال ترمینال خروجی V_O را اندازه گیری نمایید . V_O می‌تواند مقادیر متفاوتی از ۰ الی ۱۰ ولت باشد که بوسیله ولوم I.C تنظیم می‌شود .
- ۳- کلید I.C را بر روی موقعیت - قرار دهید . از اسیلوسکوپ استفاده کرده و سیگنال ترمینال خروجی V_O را اندازه گیری نمایید . V_O می‌تواند مقادیر متفاوتی از ۰ الی ۱۰- ولت باشد که بوسیله ولوم I.C تنظیم می‌شود .
- ۴- این مرتبه کلید I.C در وضعیت ۰ قرار دهید . از اسیلوسکوپ استفاده کرده و سیگنال ترمینال خروجی V_O را اندازه گیری نمایید . V_O می‌بایست ۰ ولت باشد و با ولوم I.C نیز نباید تغییر کند .
- ۵- مقدار اولیه انتگرال گیر می‌تواند بین مراحل ۲ تا ۴ تنظیم شود . قبل از شروع به انتگرال گیری ، کلید SYNC را در وضعیت IN I.C قرار دهید تا مطمئن شوید که عمل انتگرال گیری از مقدار اولیه شروع خواهد شد .
- ۶- کلید SYNC را بر روی وضعیت OP قرار داده و سلکتور T را در موقعیت ۱۰× قرار دهید . رابطه بین V_O و V_i برابر است با :

$$\left\| \frac{V_o}{V_i} \right\| = \left\| \frac{T}{S} \right\| = \left\| \frac{10}{j\omega} \right\| = \left\| \frac{10}{j10} \right\| = 1$$



$$\angle \left(\frac{V_o}{V_i} \right) = -90^\circ$$

۷- با استفاده از اسیلوسکوپ سیگنال ترمینال های V_o و V_i را اندازه گیری نمایید . V_o و V_i دارای دامنه یکسان و اختلاف فاز 90° درجه پیش فاز می باشند .

۸- سلکتور T را بر روی موقعیت $\times 1$ قرار دهید . رابطه بین V_o و V_i برابر است با :

$$\left\| \frac{V_o}{V_i} \right\| = \left\| \frac{T}{S} \right\| = \left\| \frac{1}{j\omega} \right\| = \left\| \frac{1}{j10} \right\| = 0.1$$

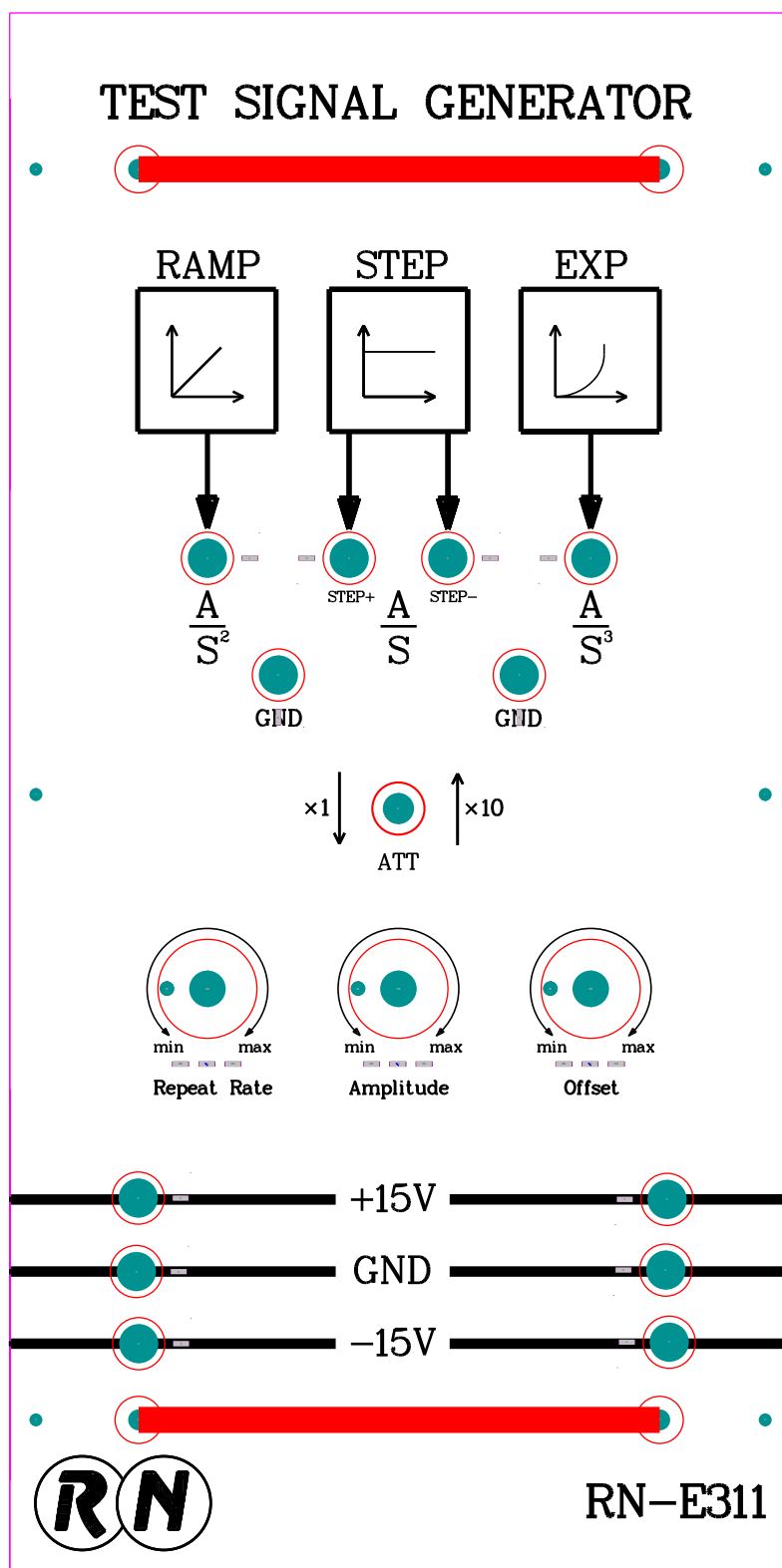
$$\angle \left(\frac{V_o}{V_i} \right) = -90^\circ$$

۹- بوسیله اسیلوسکوپ سیگنال V_o و V_i را اندازه گیری نمایید . $V_o = 0.1 V_i$ می باشد . همچنین سیگنال خروجی نسبت به سیگنال ورودی دارای تاخیر فاز 90° درجه می باشد .

۱۰- سلکتور T را بر روی موقعیت $\times 100$ قرار دهید . در این حالت سیگنال خروجی حدوداً $1/5$ برابر سیگنال ورودی می شود .

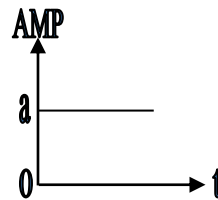
۱۱- بوسیله اسیلوسکوپ سیگنال V_o و V_i را متناسب با تنظیمات مرحله قبل اندازه گیری نمایید .

ماژول دهم : TEST SIGNAL GENERATOR





ماژول تست سیگنال ژنراتور سه سیگنال کاربردی که در برخی از کنترلرها بکار می‌روند را فراهم می‌نماید .
 این سه سیگنال عبارتند از : سیگنال پله ، سیگنال شیب و سیگنال نمایی . که در ادامه هر کدام بطور جداگانه و مختصر توضیح داده شده اند .

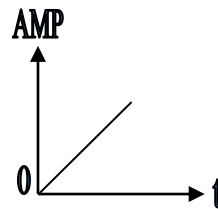


۱- سیگنال پله :

$$r(t) = \begin{cases} a & \text{if } t \geq 0 \\ 0 & \text{if } t < 0 \end{cases} \quad \text{or} \quad r(t) = au(t)$$

تبدیل لاپلاس تابع پله : $R(s) = \frac{a}{s}$

۲- سیگنال شیب :

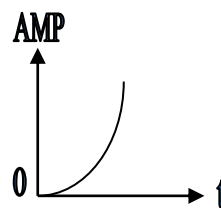


$$r(t) = \begin{cases} at & \text{if } t \geq 0 \\ 0 & \text{if } t < 0 \end{cases} \quad \text{or} \quad r(t) = atu(t)$$

تبدیل لاپلاس تابع شیب : $R(s) = \frac{a}{s^2}$

۳- سیگنال نمایی :

$$r(t) = \begin{cases} \frac{a}{2} t^2 & \text{if } t \geq 0 \\ 0 & \text{if } t < 0 \end{cases} \quad \text{or} \quad r(t) = \frac{a}{2} t^2 u(t)$$



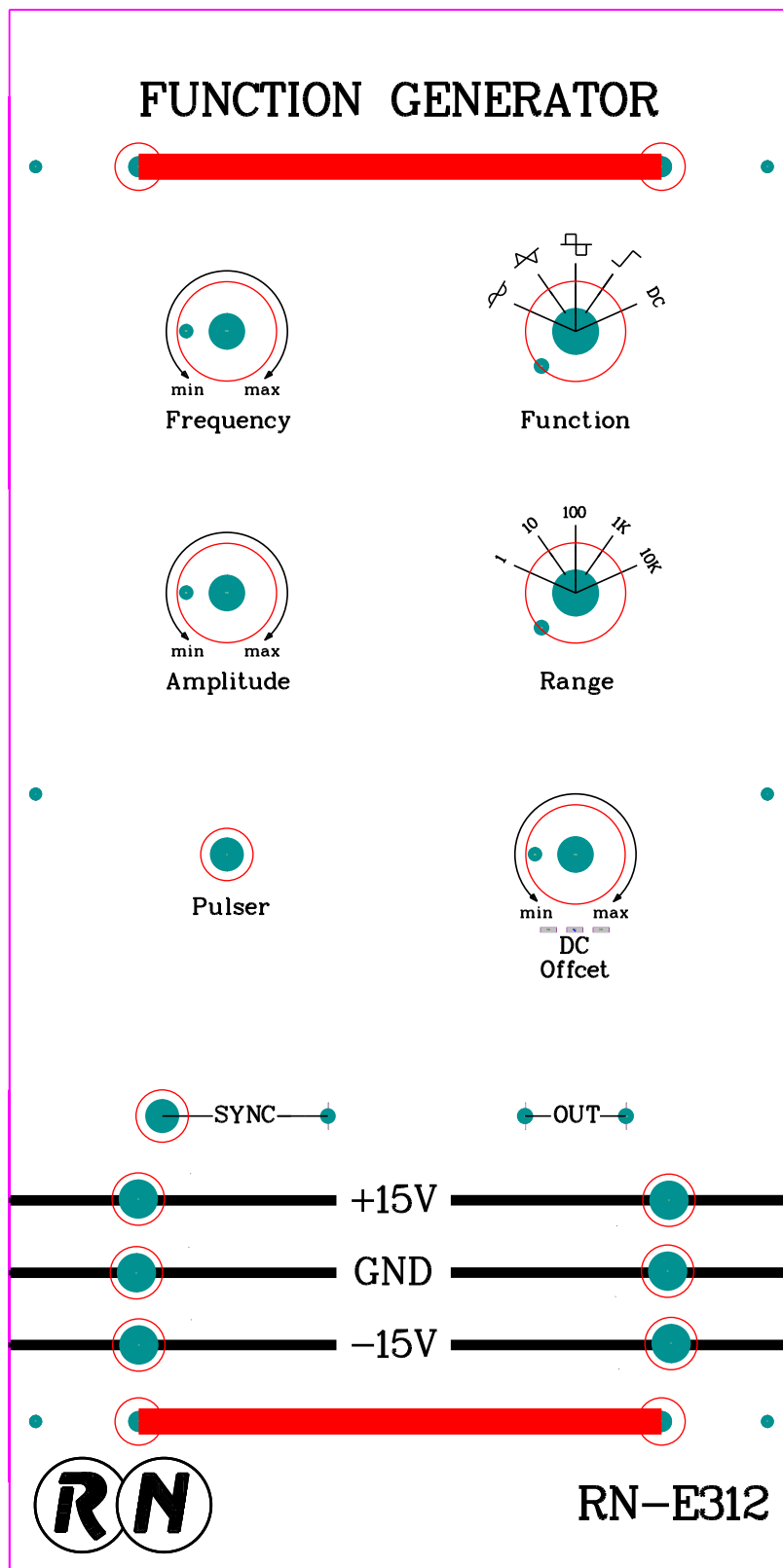
تبدیل لاپلاس تابع نمایی : $R(s) = \frac{a}{s^3}$

نحوه تست و استفاده از این ماژول :



این ماژول دارای دو سطح سیگنال STEP + و STEP - می باشد . همچنین دو ترمینال خروجی از سیگنال های شیب (RAMP) و نمایی (EXP) نیز برای استفاده کاربر تعبیه شده است .
کلید ATT برای ضریب تضعیف فرکانس سیگنال های پله مورد استفاده قرار می گیرد . اگر کلید در موقعیت ۱۰× باشد ، خروجی فرکانس های بالا را در اختیار کاربر قرار می دهد و اگر کلید در وضعیت ۱× باشد ، خروجی ، فرکانس های پایین تا حد صفر را تولید می نماید . همچنین سه ولوم موجود در قسمت پایین ماژول نیز به ترتیب وظیفه تنظیم فرکانس ، دامنه و آفست را بر عهده دارند .

ماژول یازدهم : FUNCTION GENERATOR





ماژول سیگنال ژنراتور ، سیگنال های مورد نیاز برای تست و آزمایشات این سیستم را فراهم می کند .
سیگنال های تولیدی این ماژول عبارتند از :

- ۱- سینوسی
- ۲- مثلثی
- ۳- مربعی
- ۴- پالس
- ۵- DC

همچنین قابل تنظیم بودن دامنه ، آفست و فرکانس نیز از قابلیت های این ماژول می باشد و عبارت است از :

- تنظیم و تغییر دامنه توسط ولوم AMP بین ۰ تا ۱۰ +/- ولت
- تنظیم و تغییر آفست DC توسط ولوم DC OFFCET بین ۰ تا ۱۰ +/- ولت
- تنظیم فرکانس توسط سلکتور RANGE به ترتیب موقعیت هایی که در زیر بیان شده است :

- موقعیت ۱ : ۰ تا ۱ هرتز
- موقعیت ۱۰ : ۱ تا ۱۰ هرتز
- موقعیت ۱۰۰ : ۱۰ تا ۱۰۰ هرتز
- موقعیت ۱K : ۱۰۰ تا ۱K هرتز
- موقعیت ۱۰K : ۱K تا ۱۰K هرتز

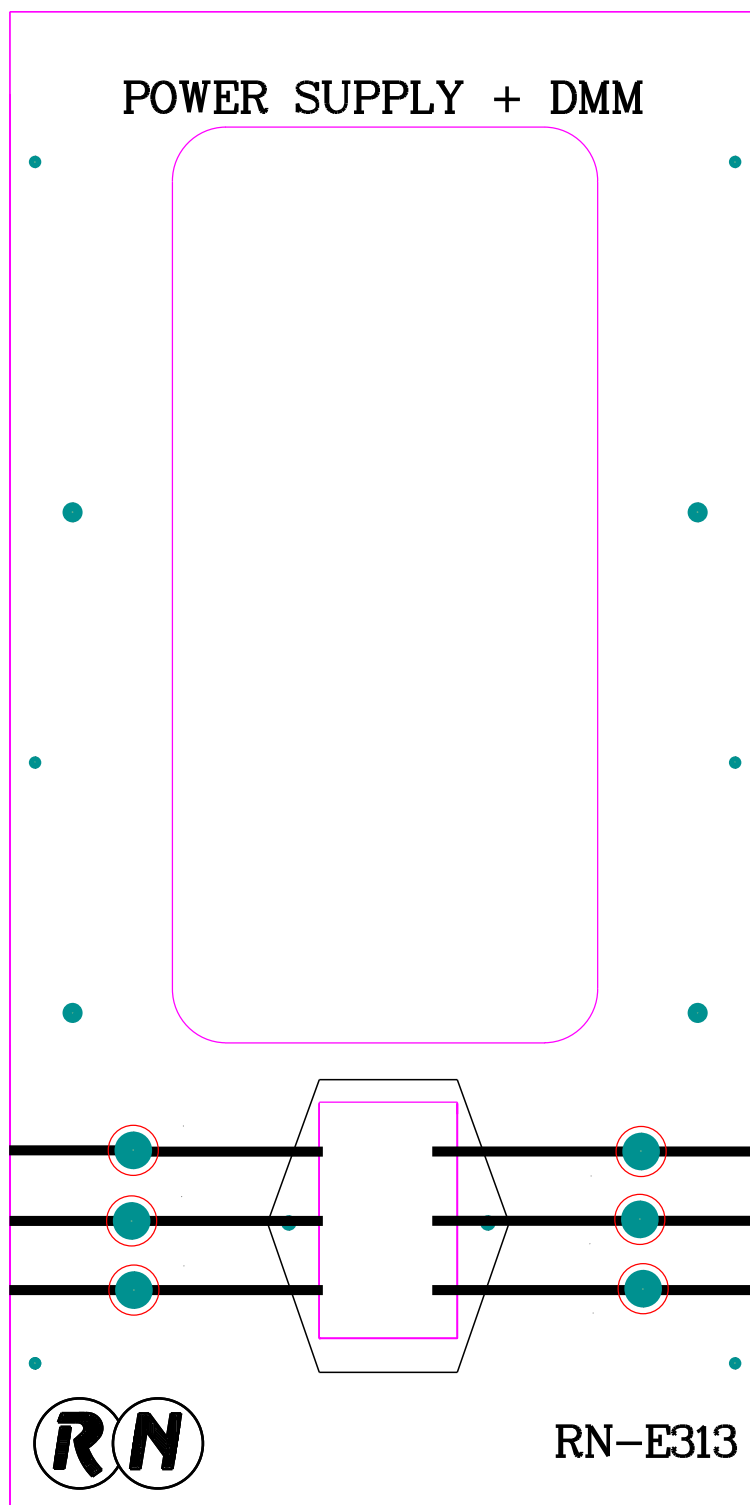
قابل ذکر است که امپدانس خروجی این سیگنال ژنراتور ۱ کیلو اهم می باشد .

نحوه تست و استفاده از این ماژول :

برای استفاده از این ماژول می بایست ترمینال مثبت پروب اسیلوسکوپ را به پین سمت راست OUT و ترمینال منفی پروب اسیلوسکوپ را به پین سمت چپ OUT متصل نمایید . کاربر می تواند با تغییر موقعیت سلکتور های FUNCTION و RANG و همچنین تغییر ولوم دامنه و تنظیم مناسب ولوم آفست سیگنال مورد نظر را تولید نماید .
همچنین برای استفاده از فانکشن پالس می بایست کلید SYNC را در وضعیت سه (پائین ترین حالت) قرار داده و با فشردن کلید PULSER ، در خروجی سیگنال پالس دریافت نمود . عرض پالس تولید شده متناسب با زمان فشرده نگه داشتن کلید PULSER می باشد .



ماژول دوازدهم : POWER SUPPLY



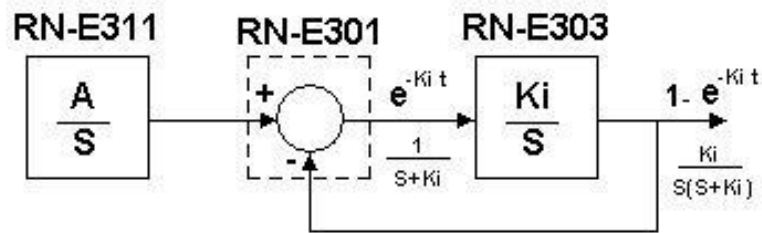


ماژول RN-E313 منبع تغذیه ست آزمایشگاهی RN-LCT می باشد . این منبع تغذیه ولتاژهای ± 15 و GND را در اختیار کاربر قرار می دهد . قابل ذکر می باشد که تمامی ماژول های این سیستم آموزشی فاقد تغذیه مورد نیاز می باشند بلکه فقط در صورت اتصال ترمینال های موجود در قسمت پائینی هر ماژول با ماژول منبع تغذیه (RN-E313) به ولتاژ های مورد نیاز دست پیدا خواهند کرد .

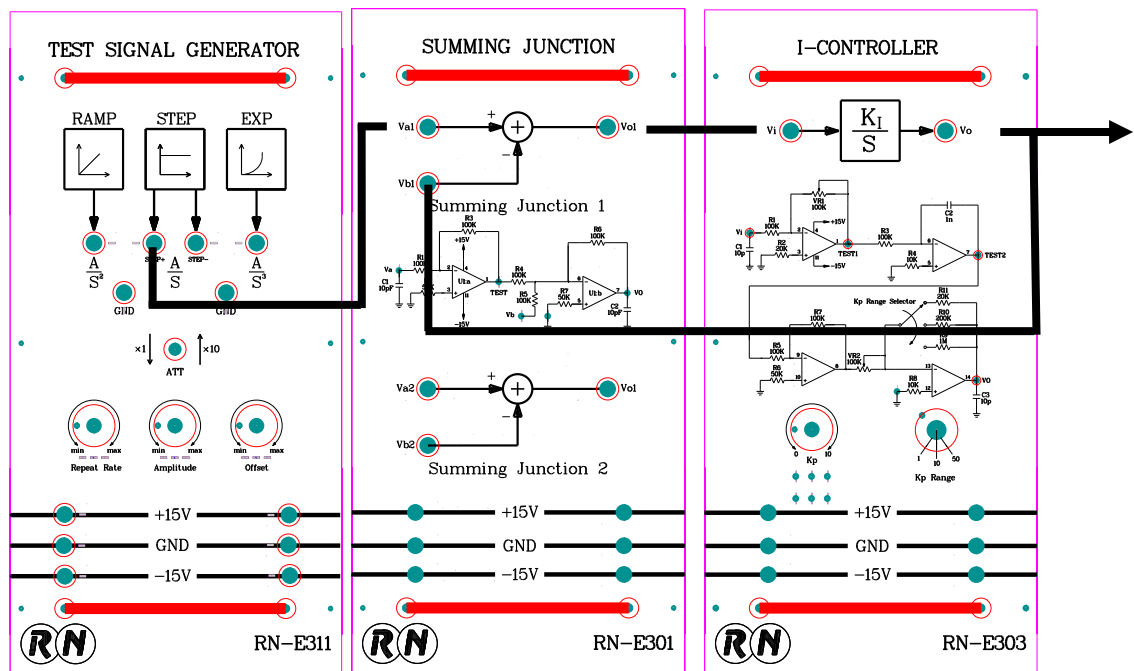
در ماژول RN-E313 یک عدد مولتی متر دیجیتال نیز تعبیه شده است . از این مولتی متر می توان برای اندازه گیری نقاط تست مشخص شده بر روی ماژول ها استفاده نمود . همچنین به منظور کالیبراسیون ولوم های قرار داده شده بر روی ماژول های دستگاه از اهم متر این مولتی متر به مراتب استفاده خواهد شد.

آزمایش ۱: تبدیل لاپلاس

تبدیل لاپلاس توابع نمایی $e^{-at} = \frac{1}{s+a}$, $1 - e^{-at} = \frac{a}{s(s+a)}$



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :

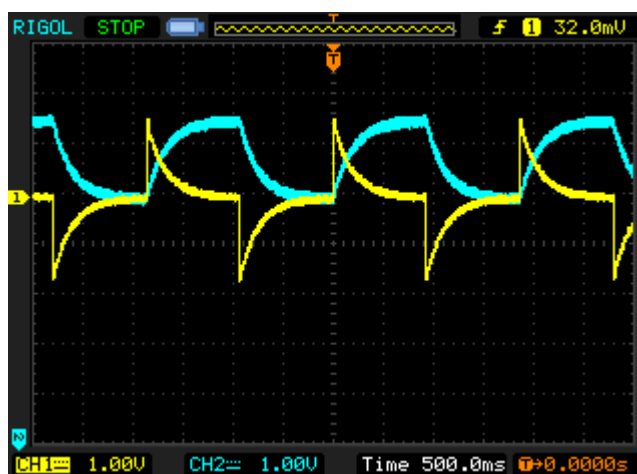


۲- روی ماژول RN-E303 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و KI را توسط مولتی متر با مقدار ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید در نتیجه در کنترلر I خواهیم داشت $50/S$.



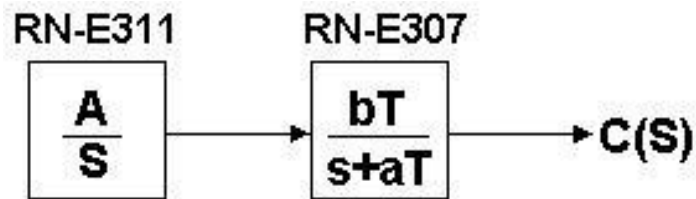
۳- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.5Hz و 1.8Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۴- خروجی Vo1 در یونیت RN-E301 و خروجی Vo در یونیت RN-E303 را اندازه گیری و ثبت نمایید . به ترتیب سیگنالهای e^{-at} و $1 - e^{-at}$ را مشاهده خواهید کرد.

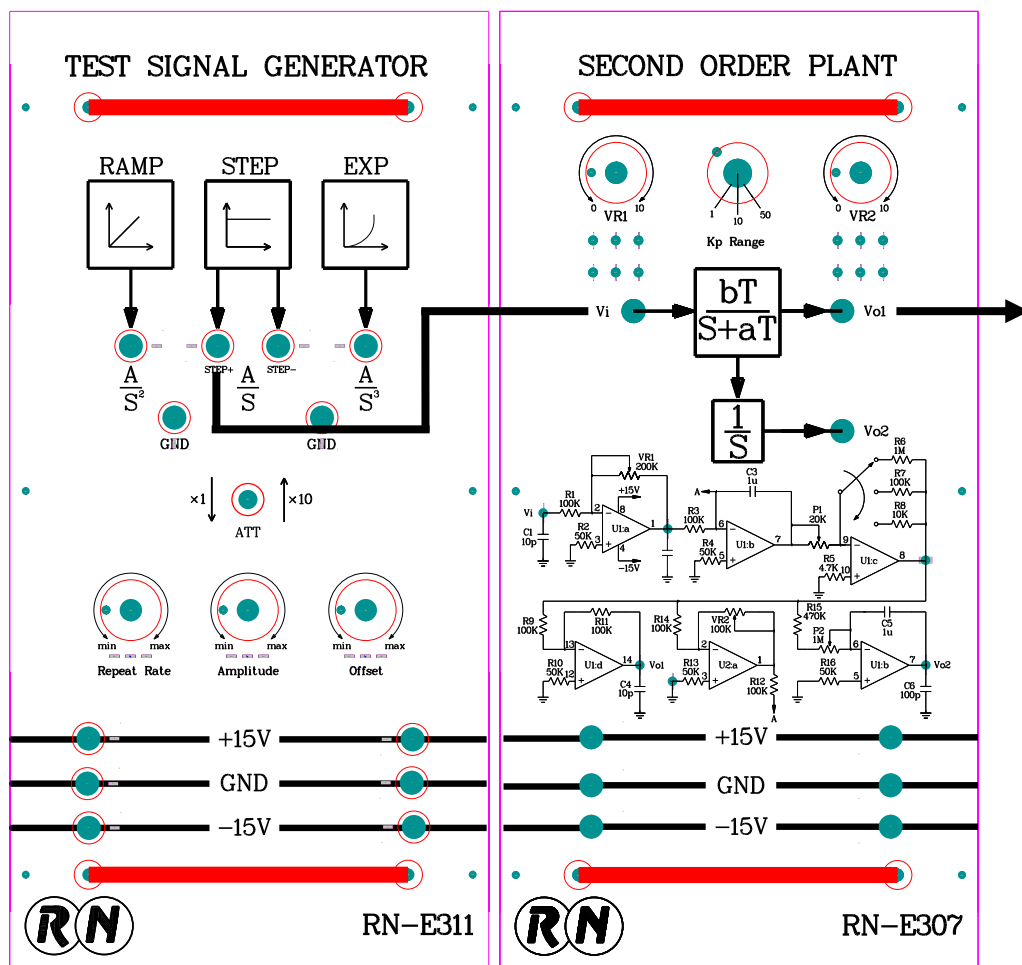


آزمایش ۲: بررسی سیستم مرتبه اول

$$R(S) \rightarrow \frac{bT}{s+aT} \rightarrow C(S)$$



سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :





الف- بررسی اثر aT در سیستم مرتبه اول

۱- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۲- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم های a و b را روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

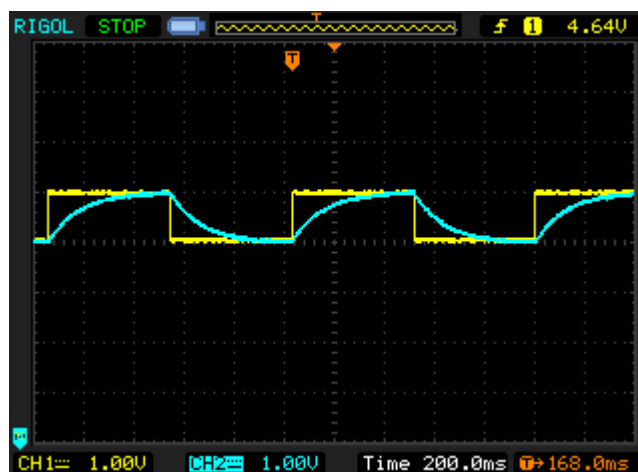
$$\frac{Vo1(s)}{Vi(s)} = \frac{100}{s + 100}$$

همچنین داریم :

$$G(s) = \frac{K}{TcS + 1} = \frac{bT}{s + aT}$$

$$\text{where } K = \frac{bT}{aT} \text{ \& } Tc = \frac{1}{aT}$$

۳- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo1 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

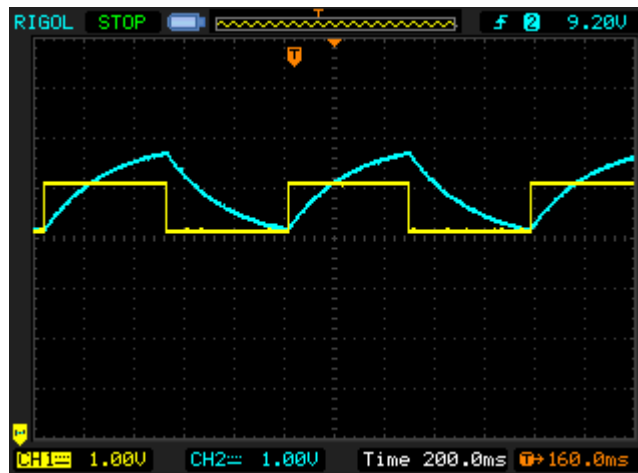


$$\text{gain } K = \frac{bT}{aT} = 1 \text{ \& } \text{time constant } Tc = \frac{1}{aT} = 0.01$$

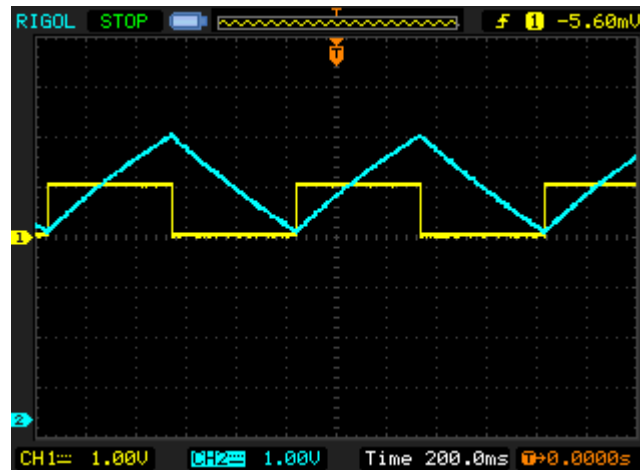


۴- مرحله ۲ و ۳ را با تغییر مقدار a به ۵ کیلو اهم تکرار نمایید . در نتیجه داریم :

$$\frac{Vo1(s)}{Vi(s)} = \frac{100}{s + 50}$$



۵- مقدار a را به یک تغییر دهید و b را ثابت نگه دارید سپس با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo1 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید و داریم :





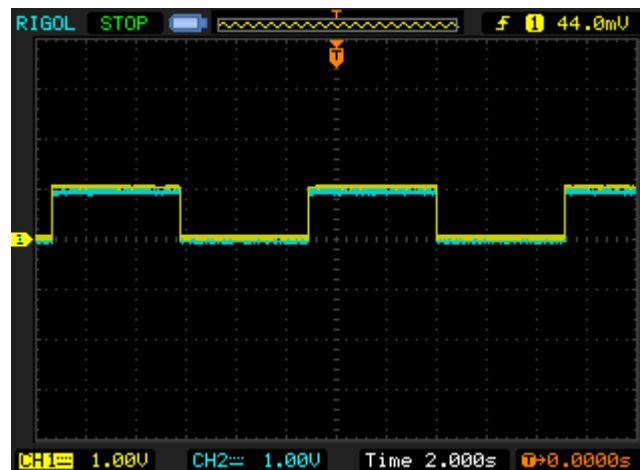
ب- بررسی اثر bT در سیستم مرتبه اول

۱- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۲- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم های a و b را روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

$$\frac{Vo1(s)}{Vi(s)} = \frac{100}{s + 100} = \frac{bT}{s + aT}$$

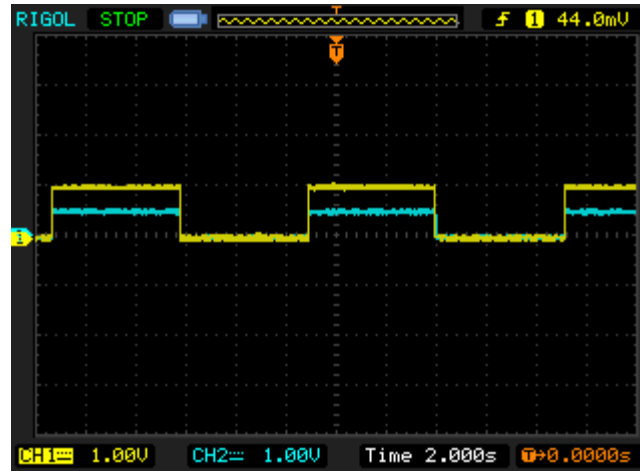
۳- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo1 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



۴- مرحله ۲ و ۳ را با تغییر مقدار b به ۵ کیلو اهم تکرار نمایید . در نتیجه :

$$\frac{Vo1(s)}{Vi(s)} = \frac{50}{s + 100}$$

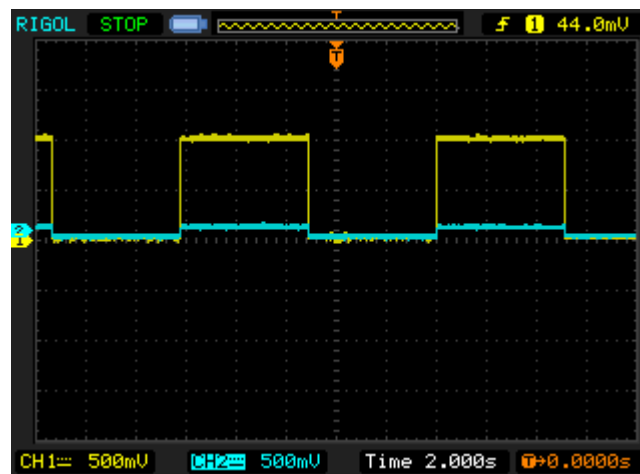
$$gain K = \frac{bT}{aT} = 0.5 \quad \& \quad Tc = \frac{1}{aT} = 0.01$$



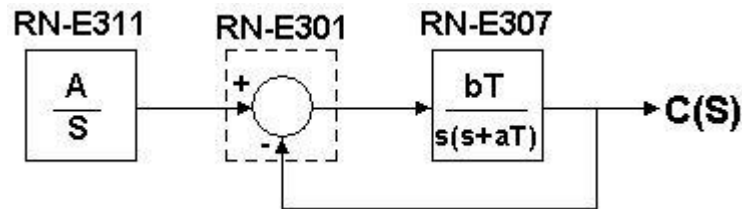
۵- مقدار b را به ۱ تغییر دهید و a را بدون تغییر بگذارید .

$$T_c = \frac{1}{aT} = 0.01 \text{ \& } K = \frac{bT}{aT} = 0.1$$

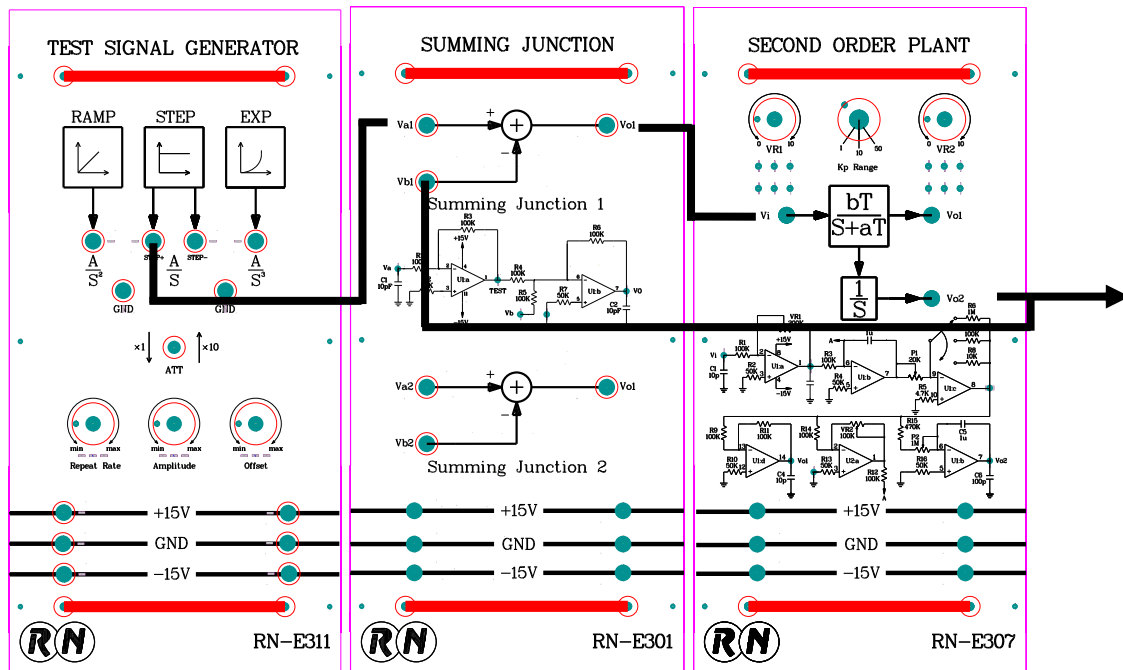
۶- سپس مجدداً با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo1 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید و نتایج را مقایسه کنید .



آزمایش ۳: بررسی سیستم مرتبه دوم



الف - بررسی اثر ζ در سیستم مرتبه دوم :
۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



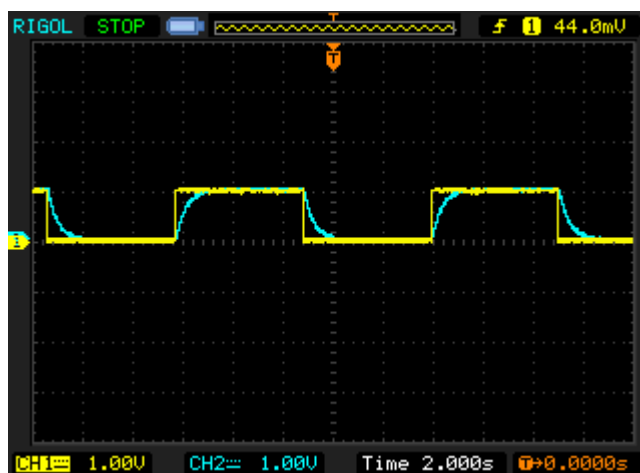
۱- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۲- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم b را روی ۱۰ کیلو اهم و ولوم a را روی ۴ کیلو اهم ($\zeta=2$) تنظیم نمایید .

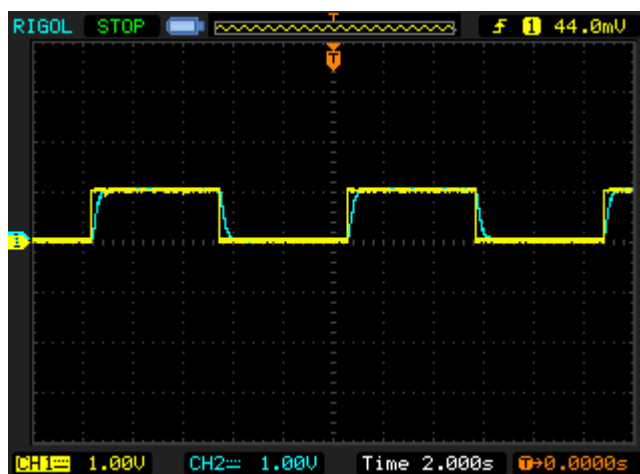
$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100}{s^2 + aTs + 100}$$



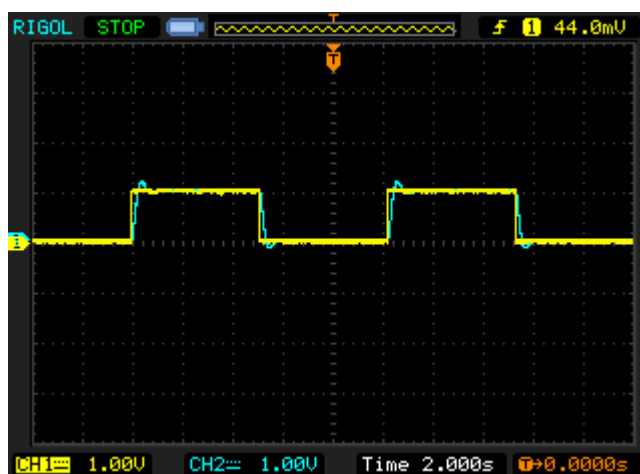
۳- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ مازول RN-E311 و خروجی Vo2 در مازول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



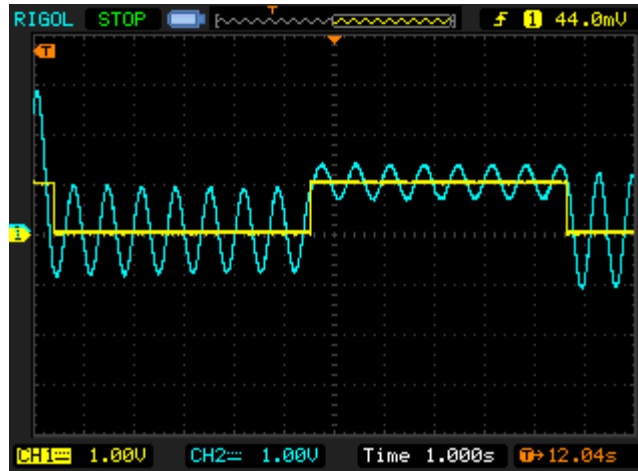
۴- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار a به 0, 1, 2, کیلو اهم تکرار نمایید . ($\zeta=1,0.5,0$)



$a = 2k$



$a = 1k$



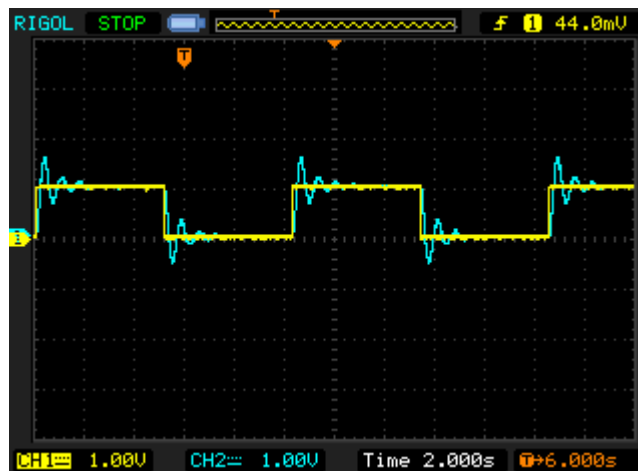
$$a = 0$$

ب - بررسی اثر ω_n در سیستم مرتبه دوم

۱- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

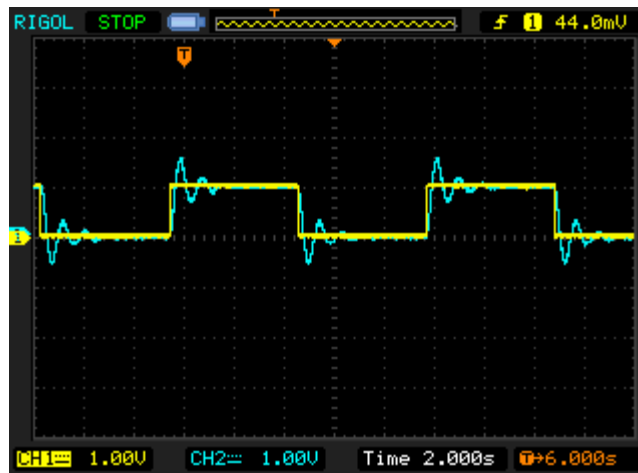
۲- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم b را روی ۱۰ کیلو اهم ($\omega_n = 10$) و ولوم a را روی ۰/۴ کیلو اهم ($\zeta = 0.2$) تنظیم نمایید .

۳- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo2 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

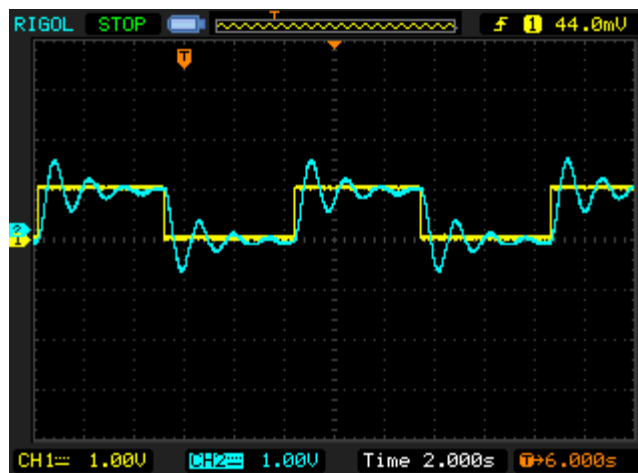




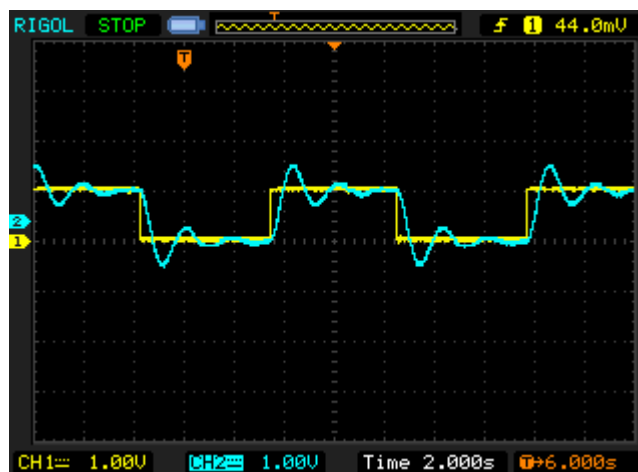
۴- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار $a=0.32$ و $b=6.4$ تکرار نمایید. ($\zeta=0.2, \omega_n = 8$)



۵- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار $a=0.2$ و $b=2.5$ تکرار نمایید. ($\zeta=0.2, \omega_n = 5$)



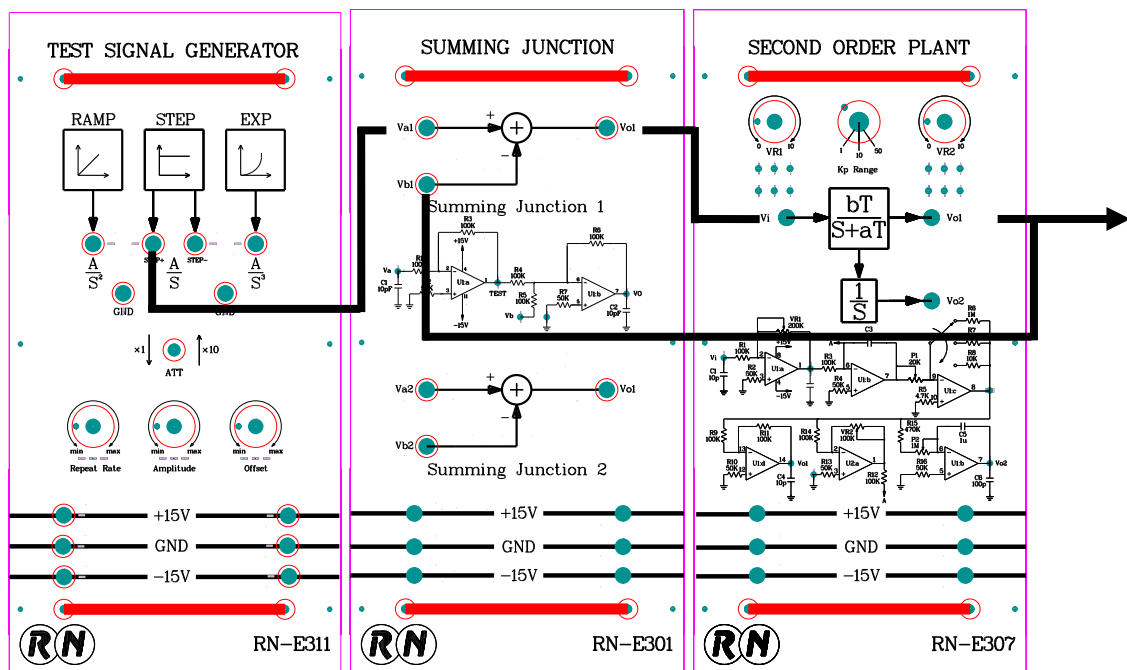
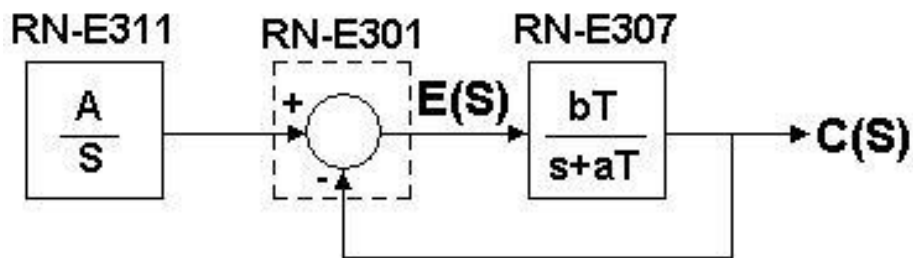
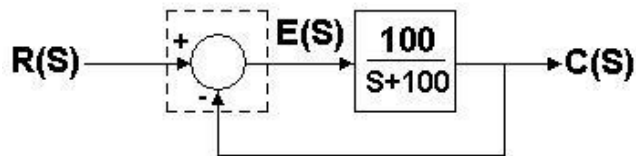
۶- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار $a=0.16$ و $b=1.6$ تکرار نمایید. ($\zeta=0.2, \omega_n = 4$)





آزمایش ۴ : خطای حالت ماندگار در سیستم مرتبه اول

۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :

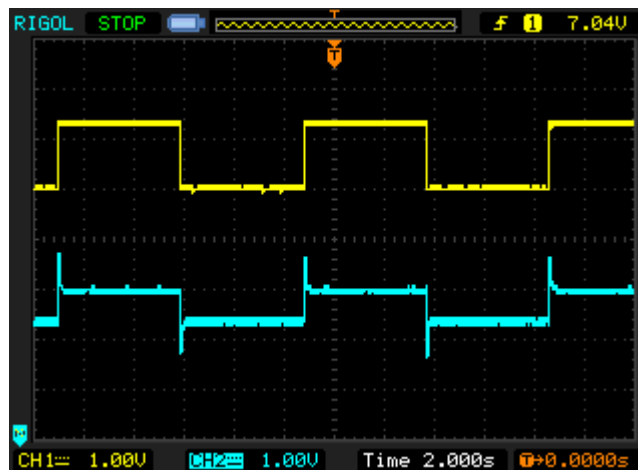


۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

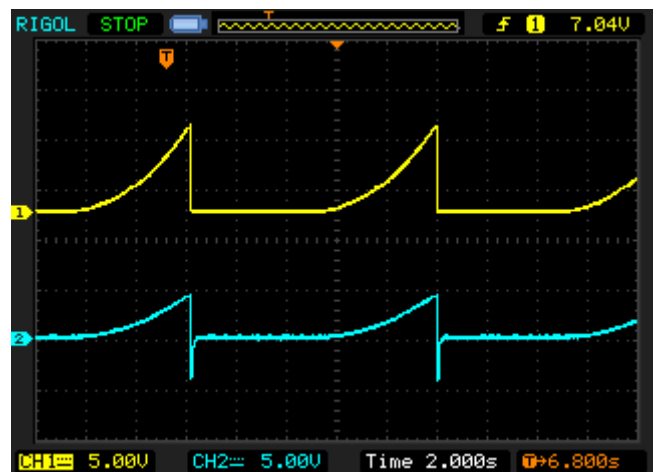
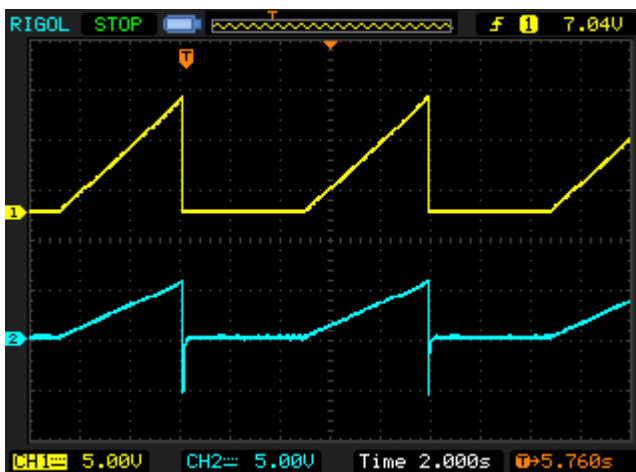
۳- روی یونیت RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× قرار دهید و ولوم های a و b را روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۴- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ مازول RN-E311 و خروجی Vo1 در مازول RN-E301 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

۵- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار a به ۲۰ کیلو اهم تکرار نمایید .



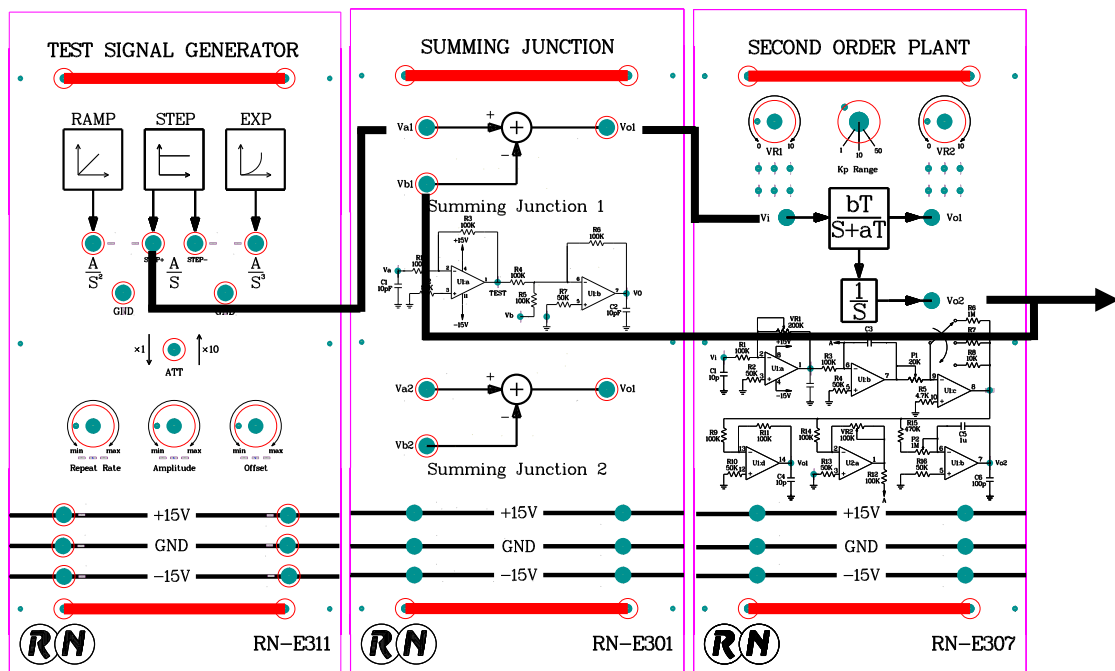
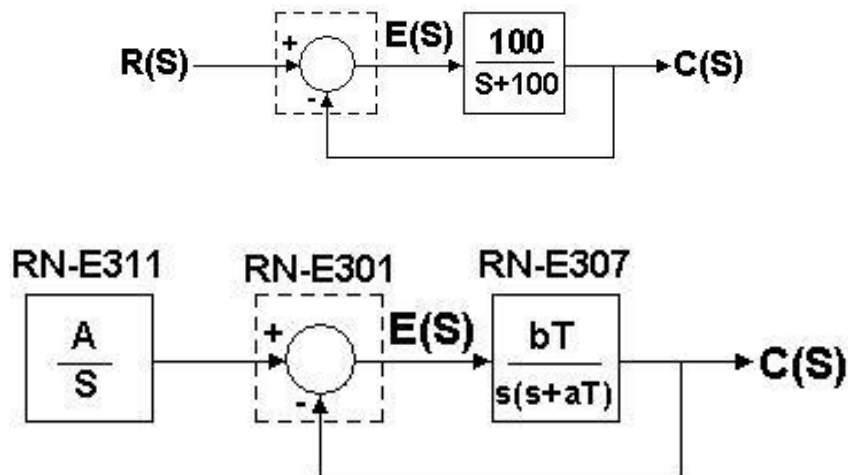
۶- آزمایش فوق را برای ورودی های رمپ و پاریابولیک تکرار نمایید و نتایج را بررسی و تحلیل کنید .





آزمایش ۵: خطای حالت ماندگار در سیستم مرتبه دوم

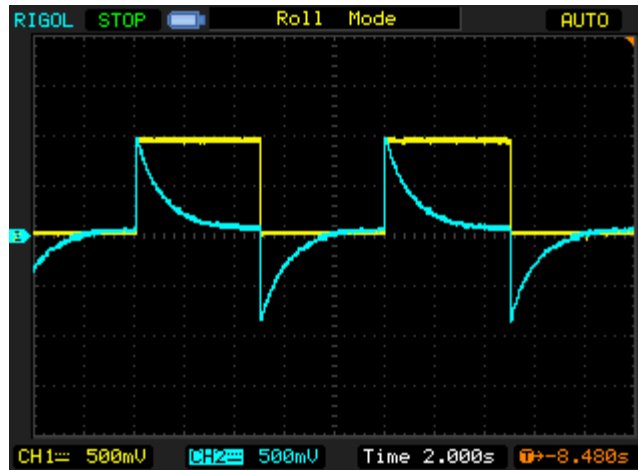
۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



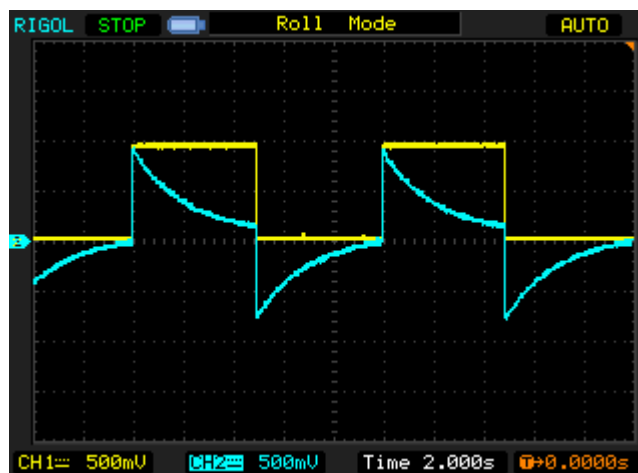
۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم های a و b را روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۴- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ مازول RN-E311 و خروجی V_{o1} در مازول RN-E301 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

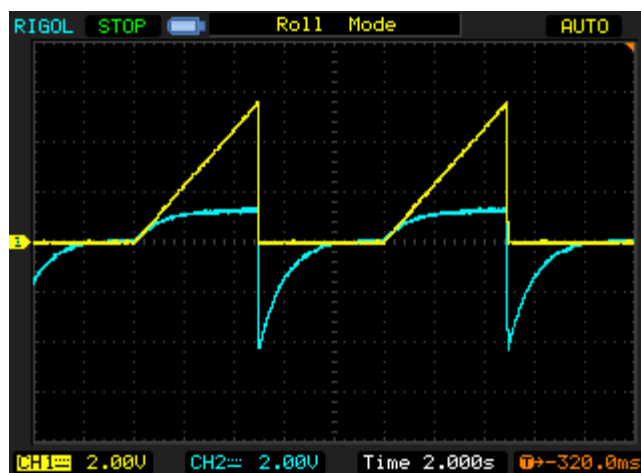


۵- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار a به ۲۰ کیلو اهم تکرار نمایید .

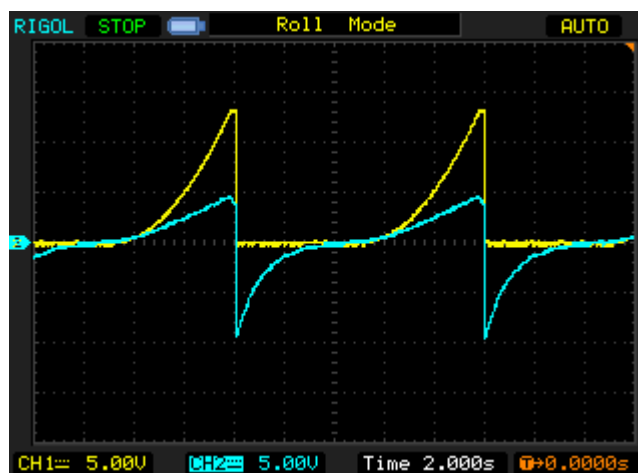




۶- آزمایش فوق را برای ورودی های رمپ و پارابولیک تکرار نمایید و نتایج را بررسی و تحلیل کنید .

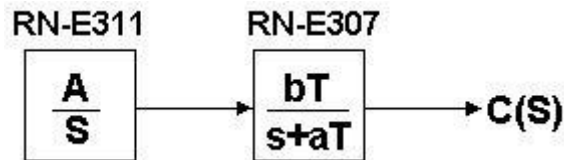


RAMP

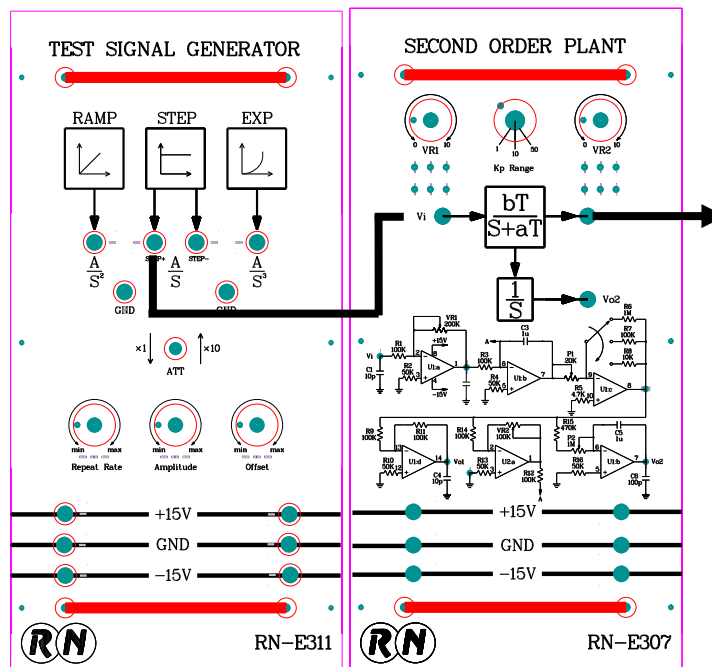


EXP

آزمایش ۶: بررسی پاسخ حالت گذرای سیستم مرتبه اول



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

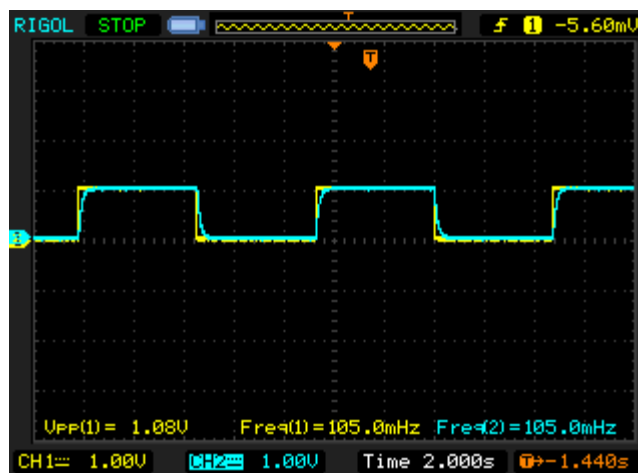
۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم a , b را روی ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100}{s + 100} = \frac{bT}{s + aT}$$

۴- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ مازول RN-E311 و خروجی Vo1 در مازول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید . مقدار t_s , t_d , t_r را تعیین کنید .

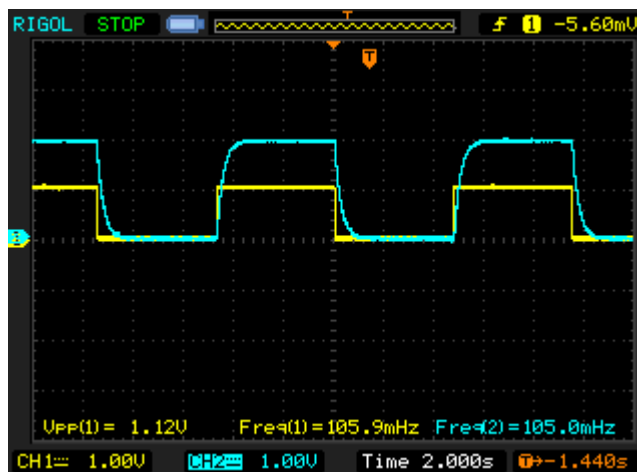
$$t_d = \frac{\ln(0.5)}{-aT} = \frac{-0.693}{-aT} = \frac{0.693}{100} = 0.00693$$

$$t_r = \frac{2.2}{aT} = 0.022 \quad t_s = \frac{3}{aT} = 0.03$$



۵- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار a به ۵ کیلو اهم تکرار نمایید .

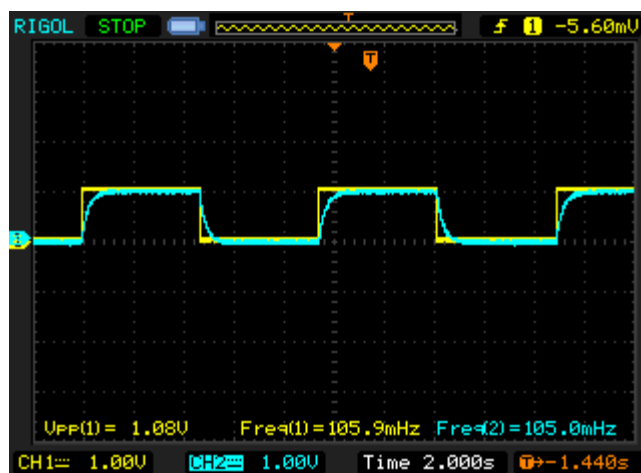
$$G(s) = \frac{100}{s + 50}$$





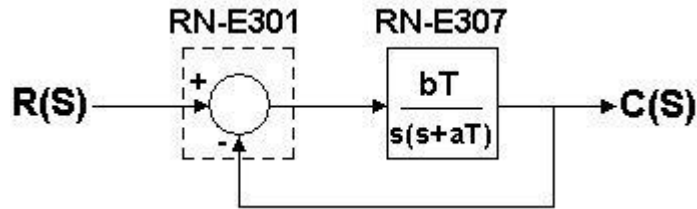
۶- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار b به ۵ کیلو اهم تکرار نمایید.

$$G(s) = \frac{50}{s + 50}$$

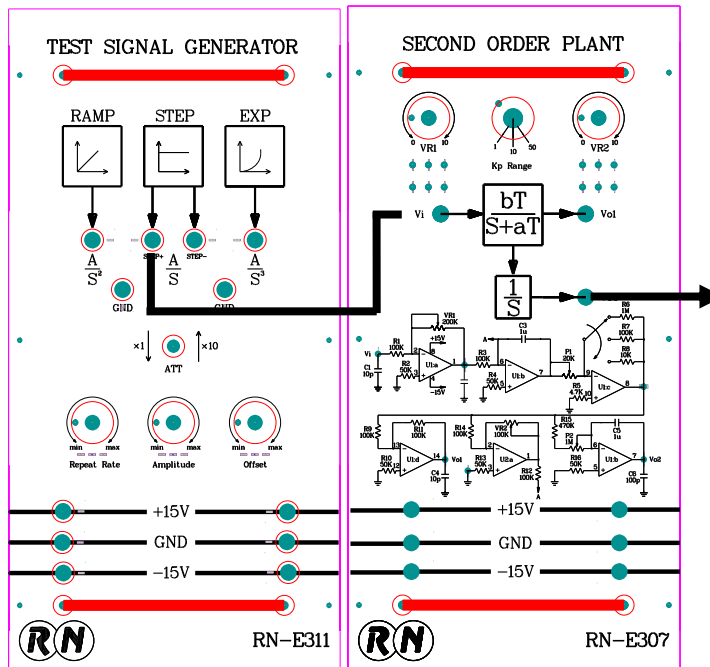




آزمایش ۷: بررسی پاسخ حالت گذرای سیستم مرتبه دوم



سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



تأثیر ξ بر پاسخ حالت گذرای سیستم :

۱- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۲- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید و ولوم b را روی ۱۰ کیلو اهم ($w_n=10$) تنظیم نمایید . در این صورت تابع تبدیل سیستم برابر است با :

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100}{s^2 + aTs + 100}$$



۳- روی ماژول RN-E307 ولوم a را روی ۴ کیلو اهم تنظیم نمایید . در این حالت ξ برابر ۲ می شود .

۴- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo2 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید همچنین مقادیر t_d , t_r , t_s , t_p و M_p را محاسبه نمایید .

برای مثال :

if $\omega_n = 10$, $\xi = 0.5$

$$\frac{e^{-0.5*10td}}{\sqrt{1-0.5^2}} \sin \left[10\sqrt{1-0.5^2}td - \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-0.5^2}}{-0.5} \right] = x$$

$$\text{when } x = 0.5 \gg td = 0.13$$

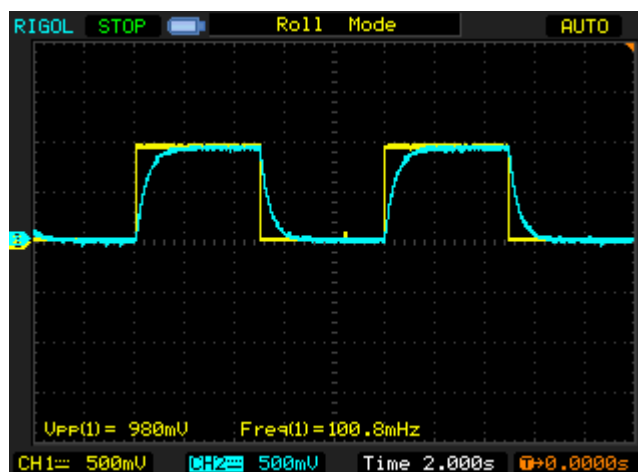
$$\text{when } x = 0.1 \gg t1 = 0.05$$

$$\text{when } x = 0.9 \gg t2 = 0.9 \gg tr = t2 - t1 = 0.16$$

$$ts = \frac{3}{0.5 * 10} = 0.6$$

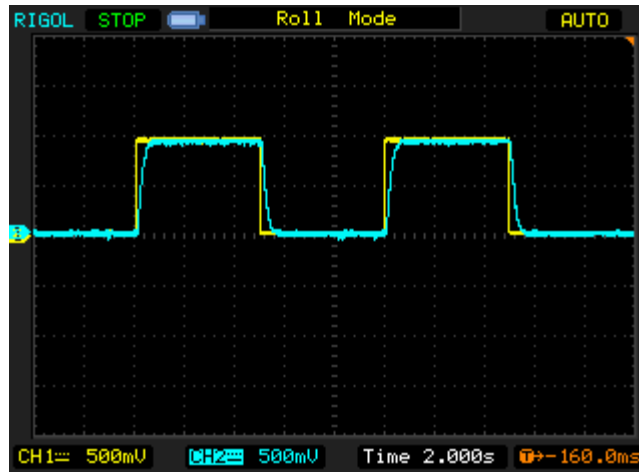
$$tp = \frac{\pi}{10\sqrt{1-0.5^2}} = 0.36$$

$$Mp = e^{\frac{-0.5\pi}{\sqrt{1-0.25}}} * 100\% = 16\%$$

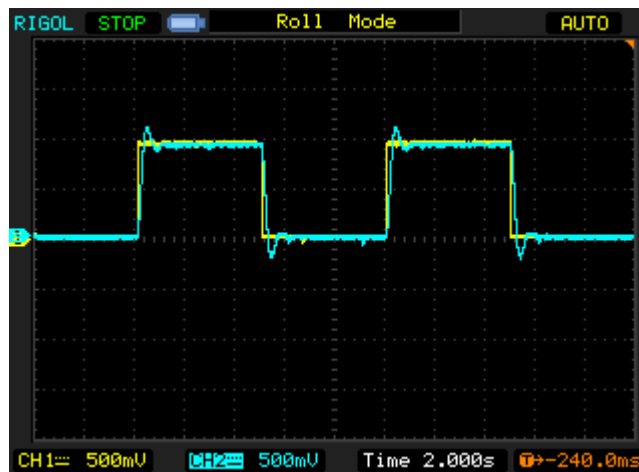


$$\frac{100}{s^2 + 40s + 100}, \xi = 2$$

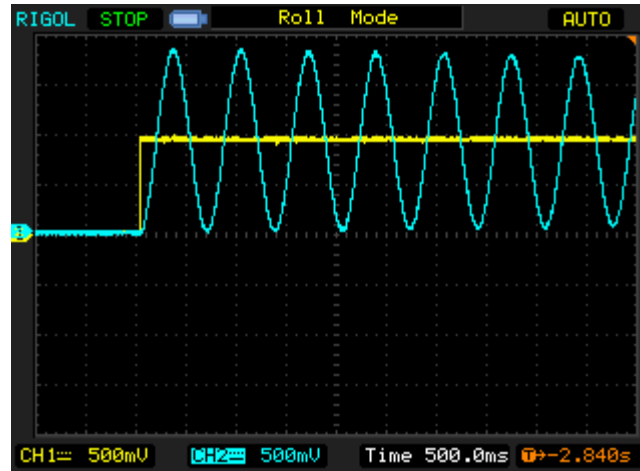
۵- مرحله ۳ و ۴ را با تغییر مقدار a به ۲، ۱ و ۰/۴ کیلو اهم تکرار نمایید. در این حالت ξ به ترتیب برابر است با ۱، ۰/۵ و ۰/۲.



$$\frac{100}{s^2 + 20s + 100}, \xi = 1$$



$$\frac{100}{s^2 + 10s + 100}, \xi = 0.5$$

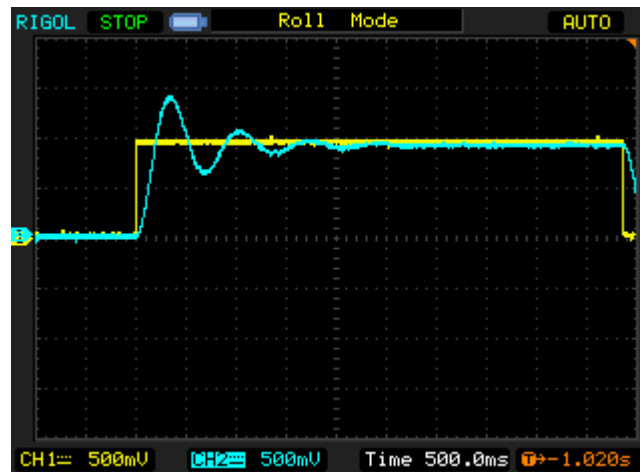


$$\frac{100}{s^2 + 4s + 100}, \xi = 0.2$$



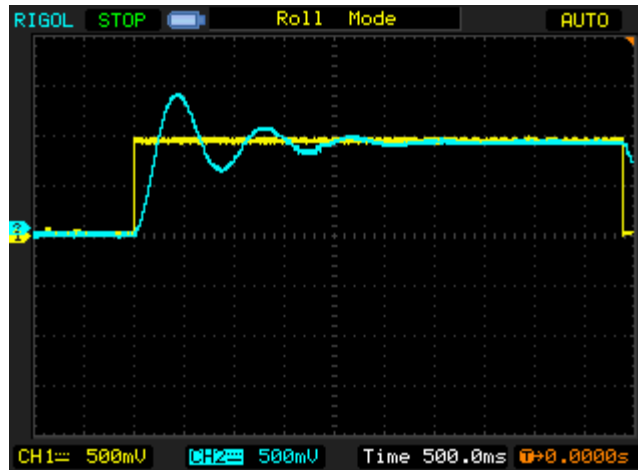
تأثیر ω_n بر پاسخ حالت گذرای سیستم :

- ۱- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.1Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .
- ۲- بر روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ قرار دهید . ولوم b را روی ۱۰ کیلو اهم ($\omega_n=10$) و ولوم a را روی ۰/۴ کیلو اهم ($\xi=0.2$) تنظیم نمایید .
- ۳- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo2 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید همچنین مقادیر t_p , t_s , t_r و M_p را محاسبه نمایید .



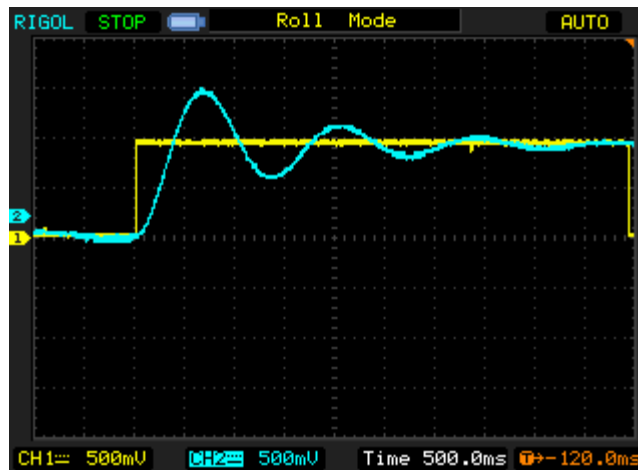
$$\frac{100}{s^2 + 4s + 100}, \xi = 0.5, \omega_n = 10$$

۴- مراحل ۲ و ۳ را با تغییر $a=0.32$ ($\xi=0.2$) و $b=6.4$ ($\omega_n=8$) مجدداً انجام داده و نتایج را ثبت و بررسی نمایید.



$$\frac{64}{s^2 + 3.2s + 64}, \xi = 0.2, \omega_n = 8$$

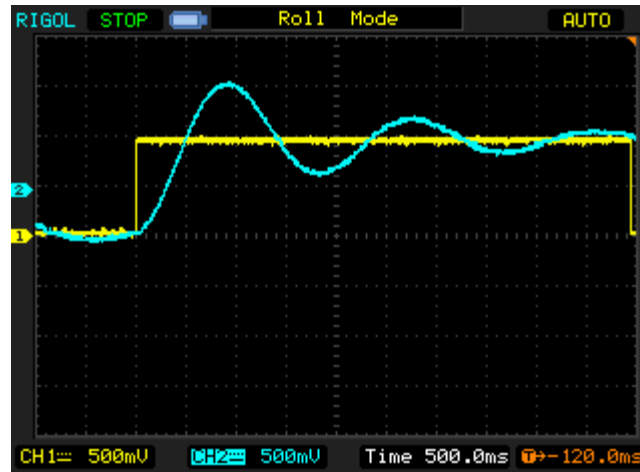
۵- مراحل ۲ و ۳ را با تغییر $a=0.2$ ($\xi=0.2$) و $b=2.5$ ($\omega_n=5$) مجدداً انجام داده و نتایج را ثبت و بررسی نمایید.



$$\frac{25}{s^2 + 2s + 25}, \xi = 0.2, \omega_n = 5$$

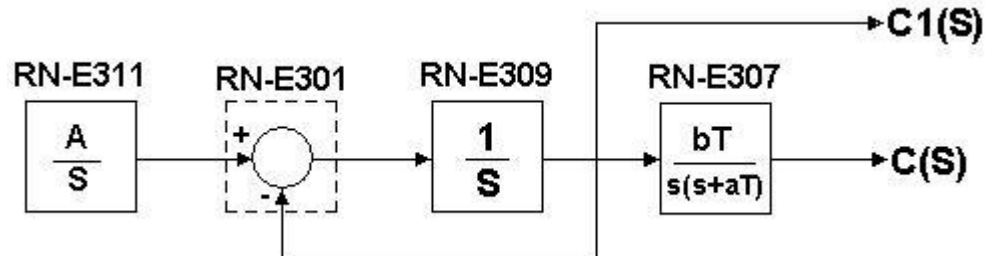


۶- مراحل ۲ و ۳ را با تغییر $a=0.16$ ($\xi=0.2$) و $b=1.6$ ($\omega_n=2$) مجدداً انجام داده و نتایج را ثبت و بررسی نمایید.

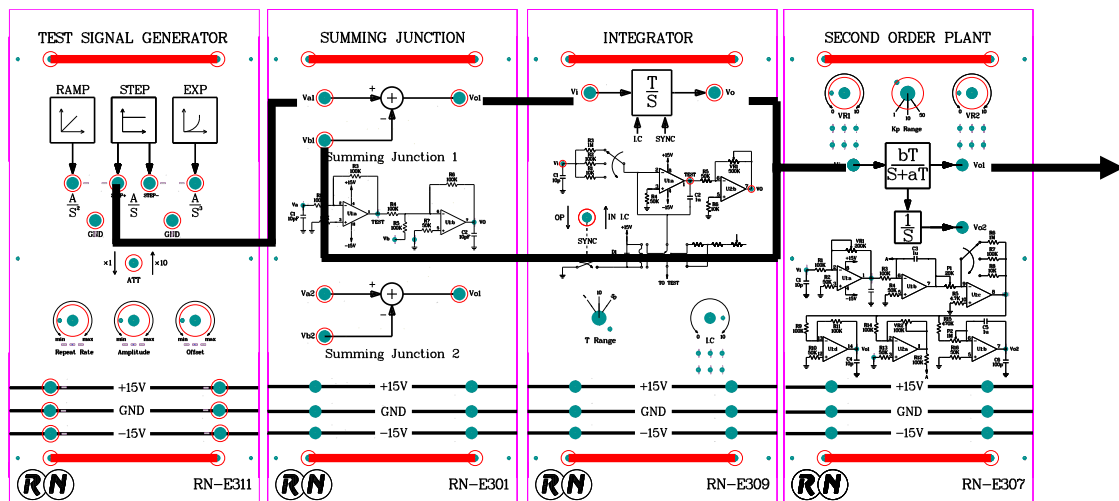


$$\frac{4}{s^2 + 0.8s + 4}, \xi = 0.2, \omega_n = 2$$

آزمایش ۸: اثر قطب غالب بر روی سیستم مرتبه دوم



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



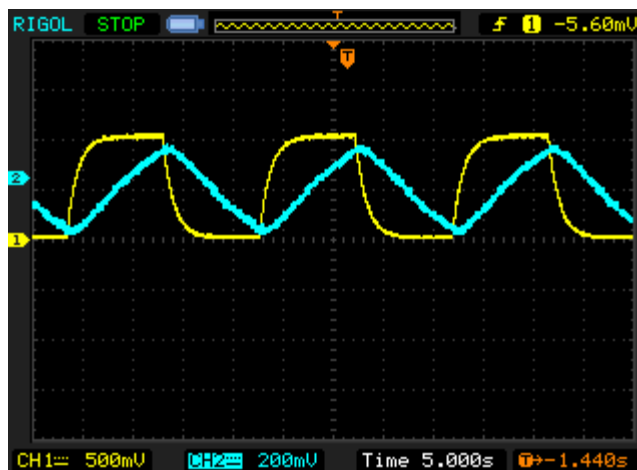
۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- روی ماژول RN-E309 سلکتور T را در موقعیت $\times 1$ قرار دهید و سوئیچ I.C را در موقعیت صفر و سلکتور SYNC را روی OP قرار دهید .

۴- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 1$ و b , a را روی ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید . همچنین داریم :

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{(s+1)(s+1)}$$

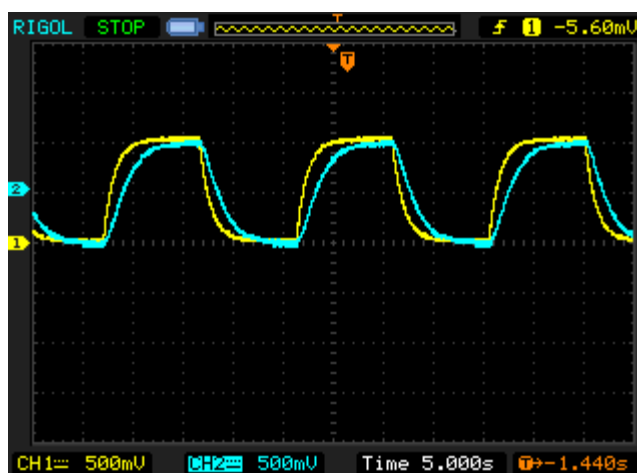
۵- با اسیلوسکوپ خروجی Vo1 ماژول RN-E307 و خروجی Vo در ماژول RN-E309 را اندازه گیری و ثبت نمایید



۶- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ و a , b را روی ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید . در این صورت داریم :

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{(s+1)(s+10)}$$

۷- با اسیلوسکوپ خروجی Vo1 ماژول RN-E307 و خروجی Vo در ماژول RN-E309 را اندازه گیری و ثبت نمایید

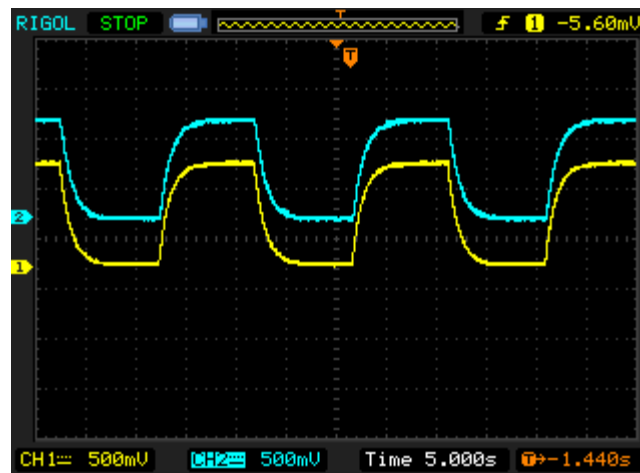




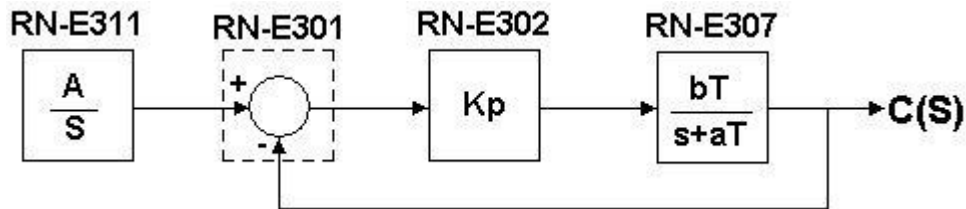
۸- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ و b , a را روی 10 کیلو اهم تنظیم نمایید . بنابراین :

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100}{(s + 1)(s + 100)}$$

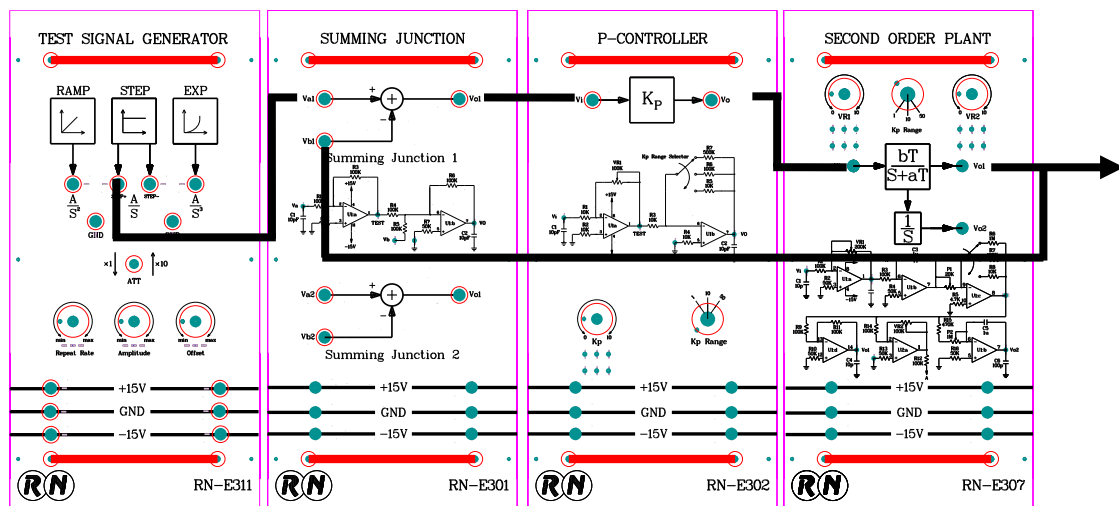
۹- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o1} ماژول RN-E307 و خروجی V_o در ماژول RN-E309 را اندازه گیری و ثبت نمایید



آزمایش ۹: بررسی کنترل کننده تناسبی (P-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه اول



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید

۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 10$ و b , a را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید . در این صورت داریم :

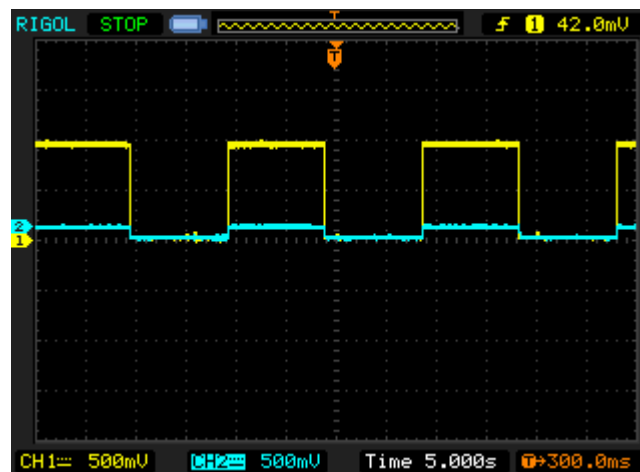
$$Gp(s) = \frac{50}{s + 50}$$

$$M(s) = \frac{50Kp}{s + (50 + 50Kp)}$$



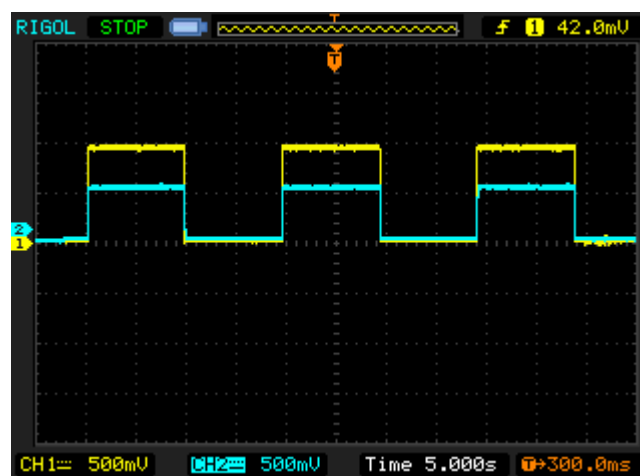
۴- روی ماژول RN-E302 سلکتور K_p را در وضعیت $\times 1$ و ولوم K_p را در موقعیت $1/5$ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۵- با اسیلوسکوپ خروجی $STEP+$ ماژول RN-E311 و خروجی $Vo1$ در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



۶- روی ماژول RN-E302 سلکتور K_p را در وضعیت $\times 10$ قرار دهید .

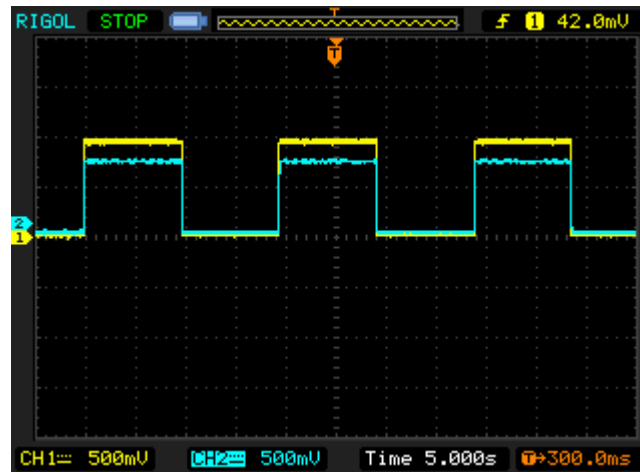
۷- با اسیلوسکوپ خروجی $STEP+$ ماژول RN-E311 و خروجی $Vo1$ در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .





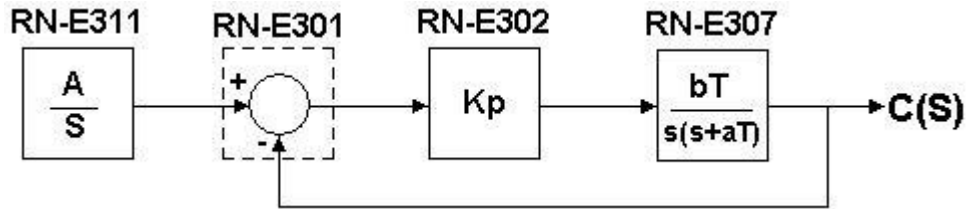
۸- روی ماژول RN-E302 سلکتور K_p را در وضعیت $\times 50$ قرار دهید .

۹- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی V_{o1} در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

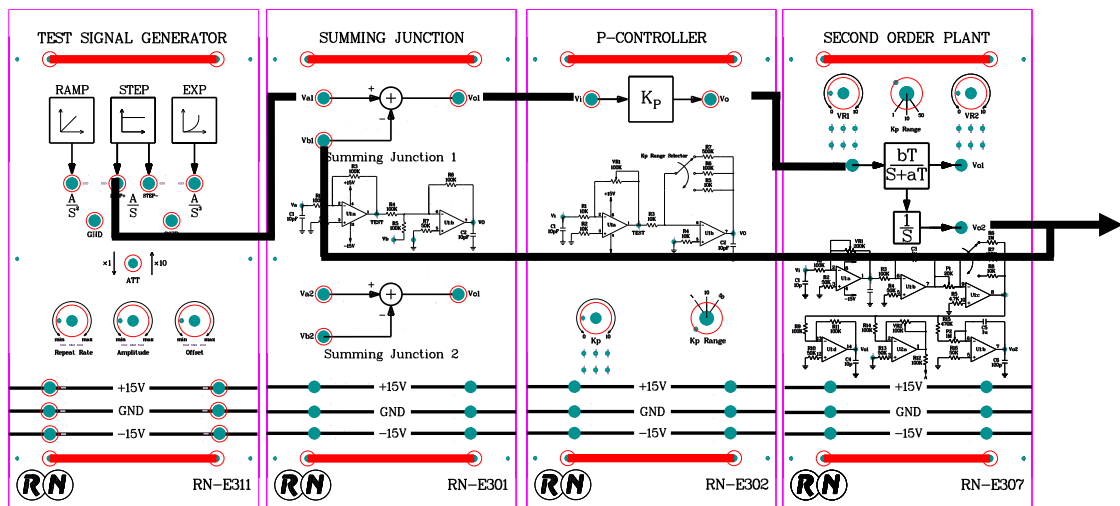




آزمایش ۱۰: بررسی کنترل کننده تناسبی (P-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه دوم



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 1Vpp را در خروجی

STEP+ تنظیم نمایید

۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱× و a , b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید . در این صورت داریم :

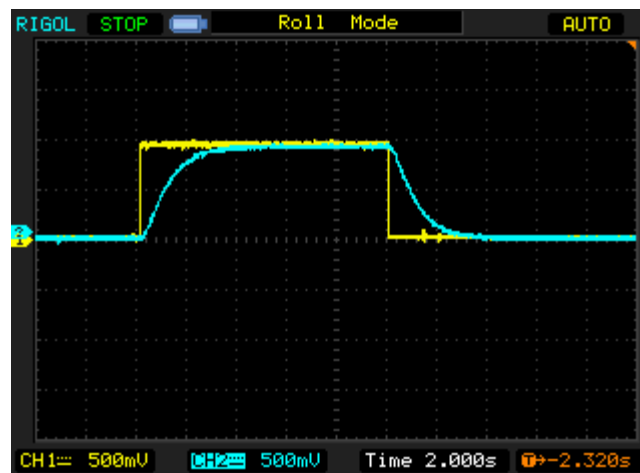
$$Gp(s) = \frac{5}{s(s + 5)}$$

$$M(s) = \frac{5Kp}{s^2 + 5s + 5Kp}$$

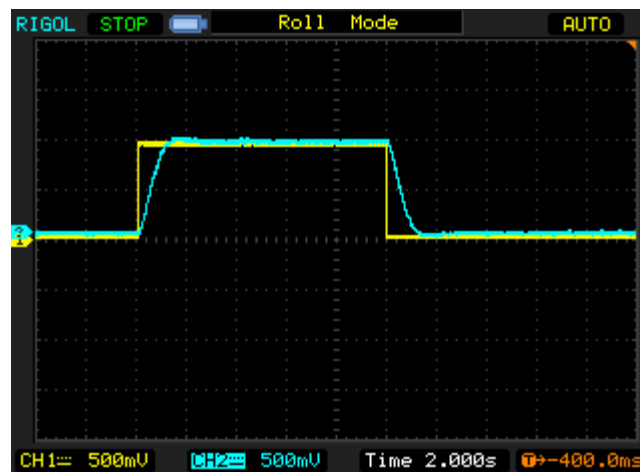


۴- روی ماژول RN-E302 سلکتور K_p را در وضعیت $10 \times$ و ولوم K_p را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید .

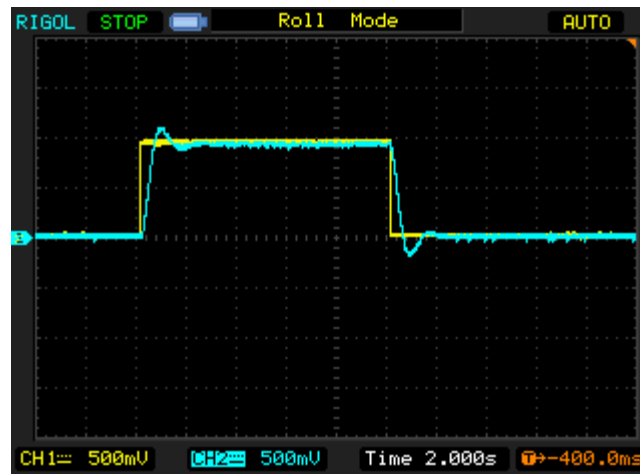
۵- با اسیلوسکوپ خروجی $STEP+$ ماژول RN-E311 و خروجی $Vo2$ در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



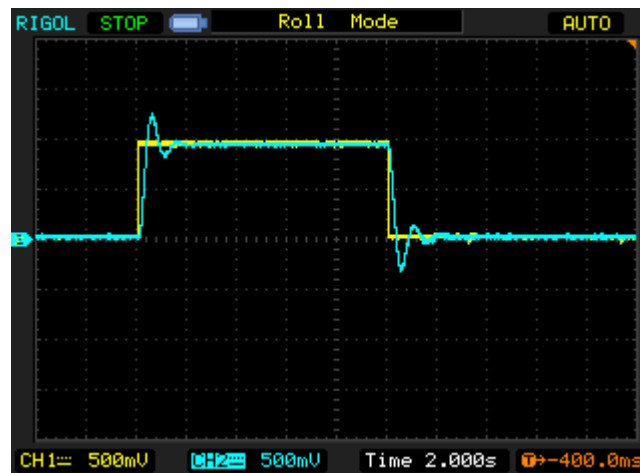
۶- مراحل ۴ و ۵ را با تغییر ولوم K_p به مقادیر ۲، ۵ و 10 کیلو اهم ، مجدداً تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید.



$K_p=2K$



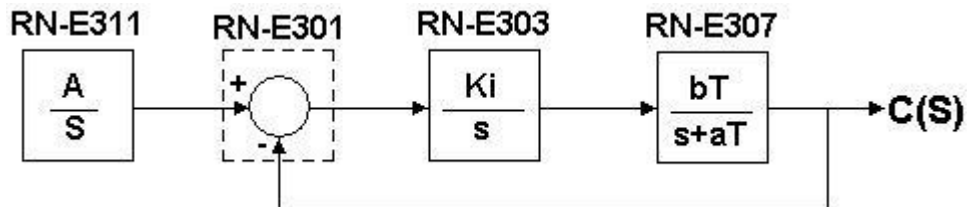
$K_p=5K$



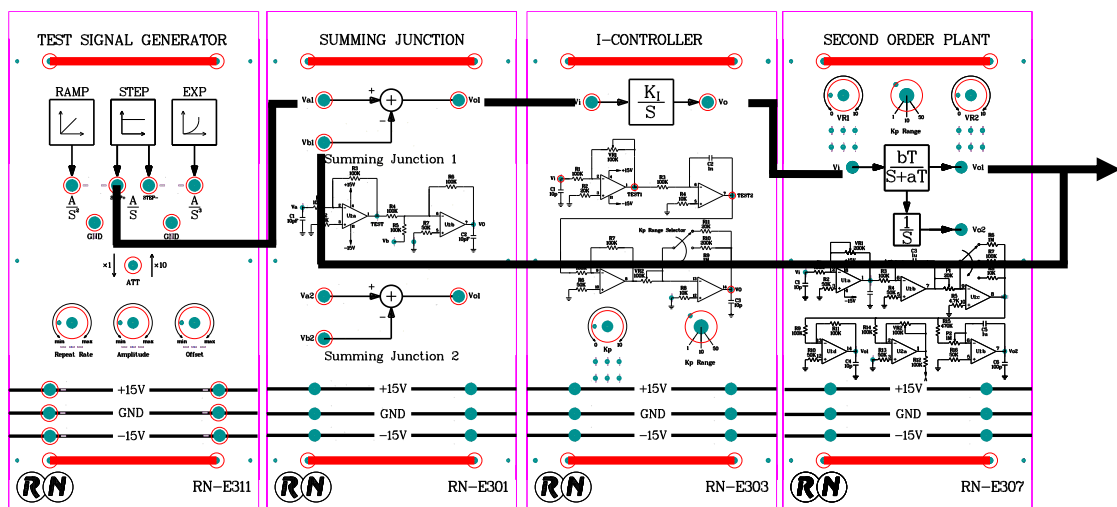
$K_p=10K$



آزمایش ۱۱: بررسی کنترل کننده انتگرالی (I-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه اول



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2.2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱× و a , b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید . در این صورت داریم :

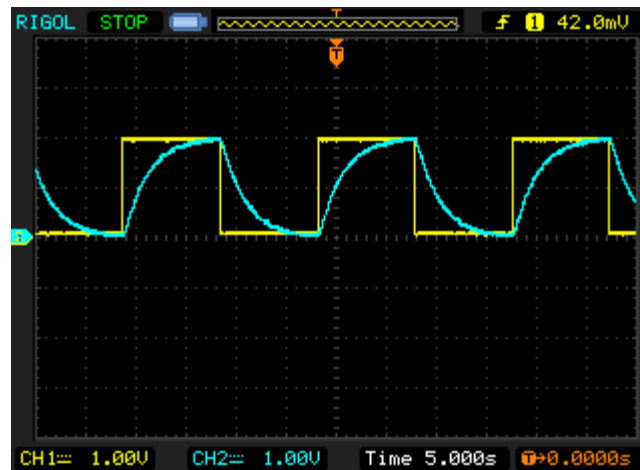
$$Gp(s) = \frac{5}{s + 5}$$

$$M(s) = \frac{5Ki}{s^2 + 5s + 5Ki}$$

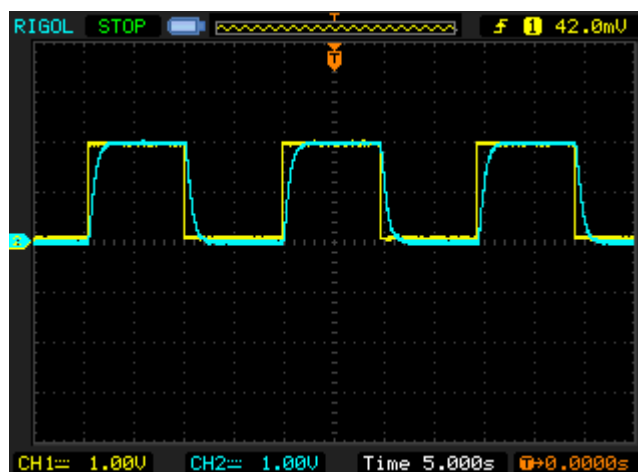


۴- روی ماژول RN-E303 سلکتور Ki را در وضعیت ۱× و ولوم Ki را در موقعیت ۴ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۵- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی Vo1 در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

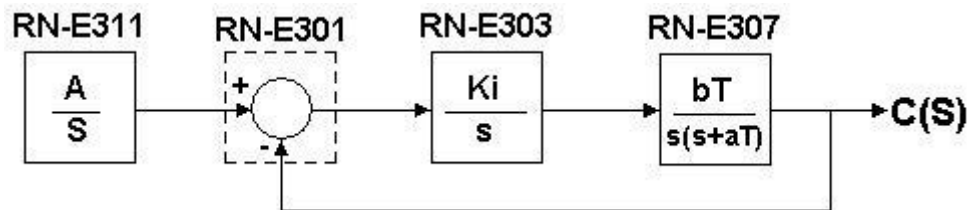


۶- مراحل ۳ به بعد را برای Ki ۲۰ کیلو اهم نیز تکرار نمایید .

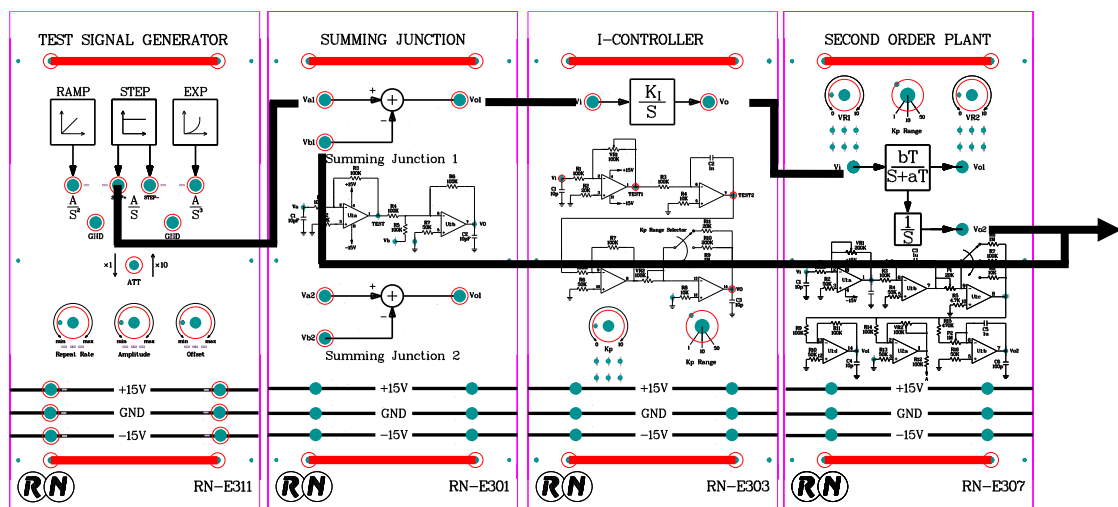




آزمایش ۱۲: بررسی کنترل کننده انتگرالی (I-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه دوم



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 1Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت $\times 1$ و a , b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید . در این صورت داریم :

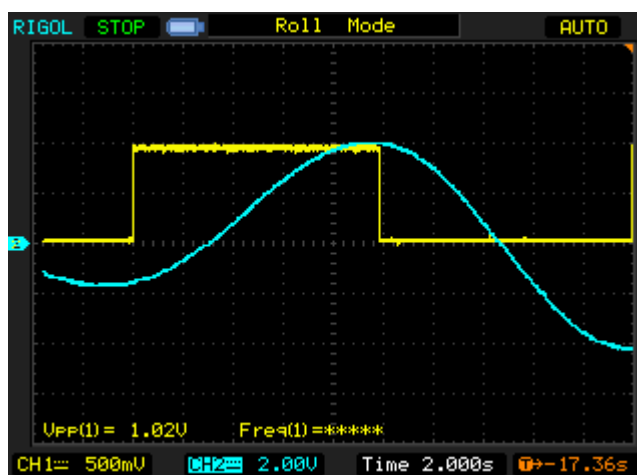
$$Gp(s) = \frac{5}{s(s+5)}$$

$$M(s) = \frac{50Ki}{s^3 + 50s^2 + 50Ki} = \frac{50Ki}{s(s^2 + 50s) + 50Ki}$$

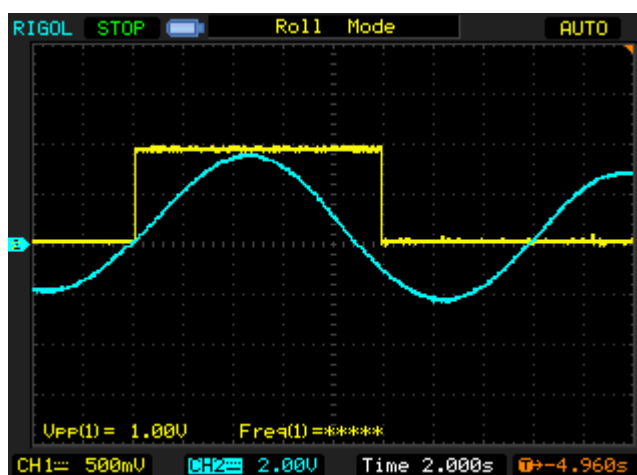


۴- روی ماژول RN-E303 سلکتور K_i را در وضعیت $\times 1$ و ولوم K_i را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید .

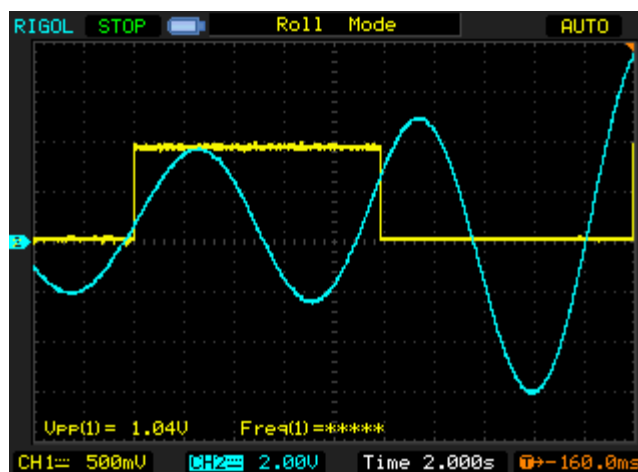
۵- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی V_{o2} در ماژول RN-E307 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



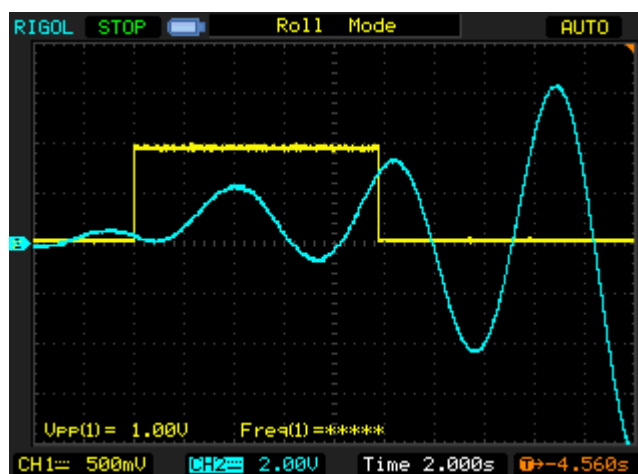
۶- مراحل ۳ به بعد را برای K_i ۲، ۵ و ۱۰ کیلو اهم نیز تکرار نمایید .



$K_i=2K$



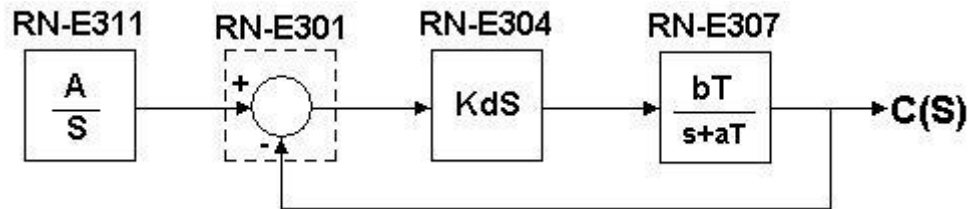
$K_i=5K$



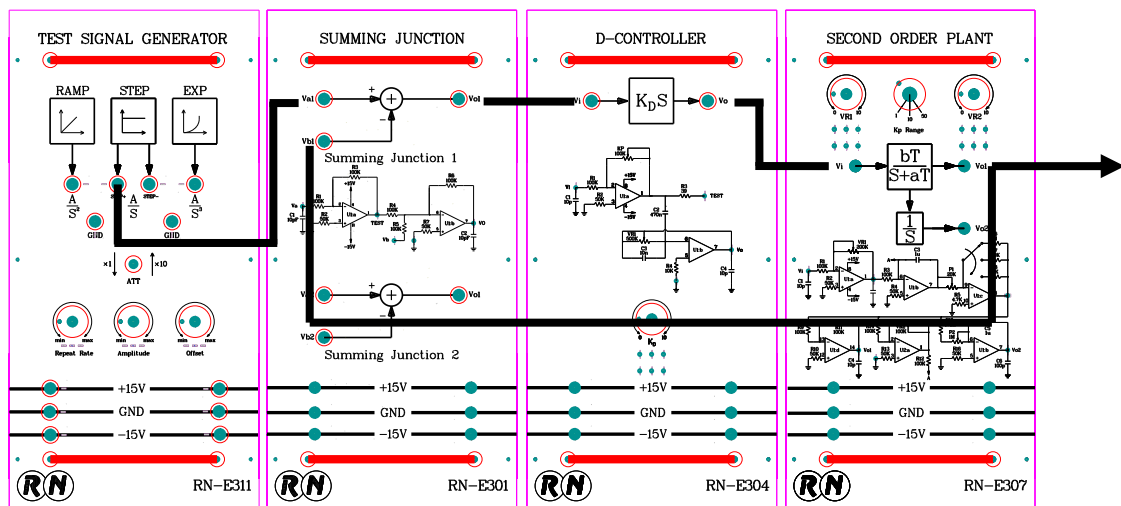
$K_i=10K$

نکته : در این آزمایش دامنه و فرکانس خروجی نسبت به زمان افزایش می یابند .

آزمایش ۱۳: بررسی کنترل کننده مشتقی (D-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه اول



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× و a , b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید .

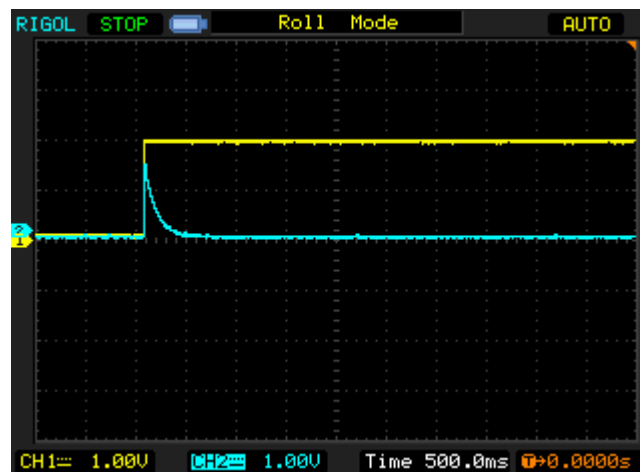
$$G_p(s) = \frac{50}{s + 50}$$

$$M(s) = \frac{50K_D s}{(50K_D + 1)s + 50}$$

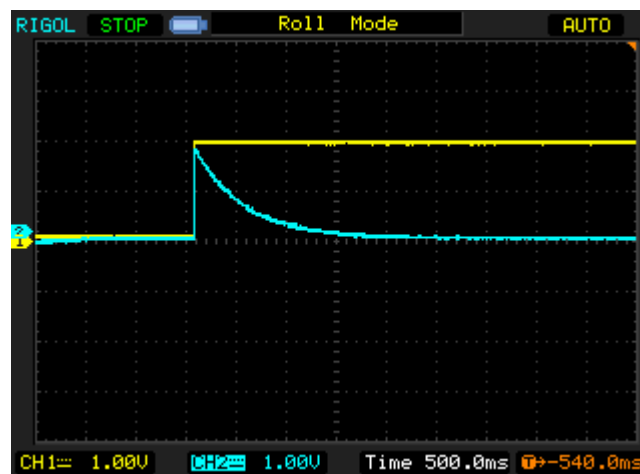


۴- روی ماژول RN-E303 ولوم K_d را در موقعیت ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمائید.

۵- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o1} ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

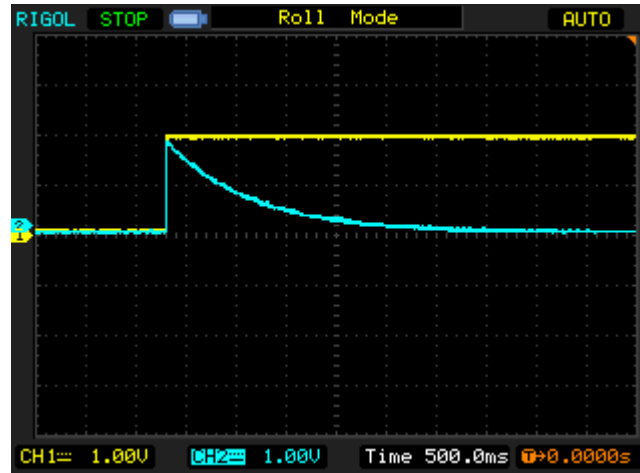


۶- مقدار K_D را به ۵۰ کیلو اهم تغییر دهید و سپس دوباره خروجی STEP+ و خروجی V_{o1} ماژول RN-E307 را اندازه گیری نمایید .



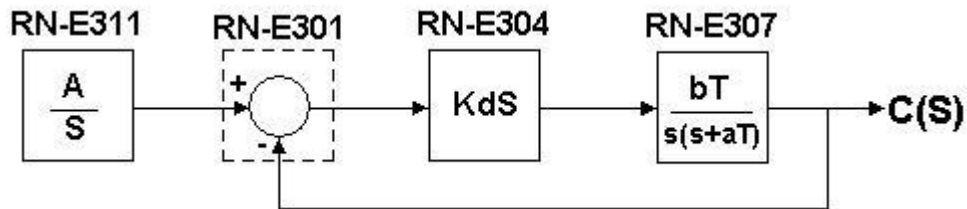


۷- مراحل فوق را با ماکزیمم مقدار K_D نیز اندازه گیری نمایید .

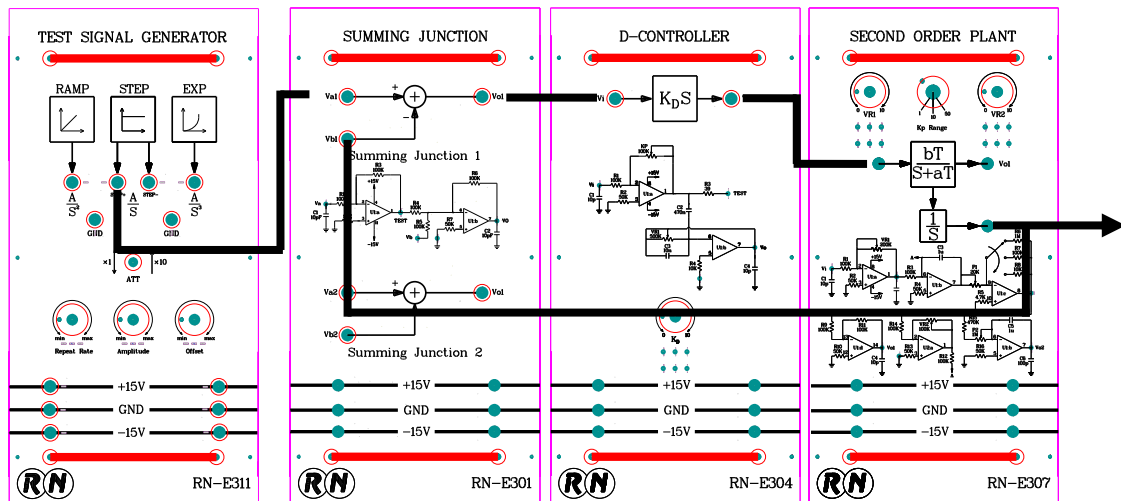




آزمایش ۱۴: بررسی کنترل کننده مشتقی (D-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه دوم



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

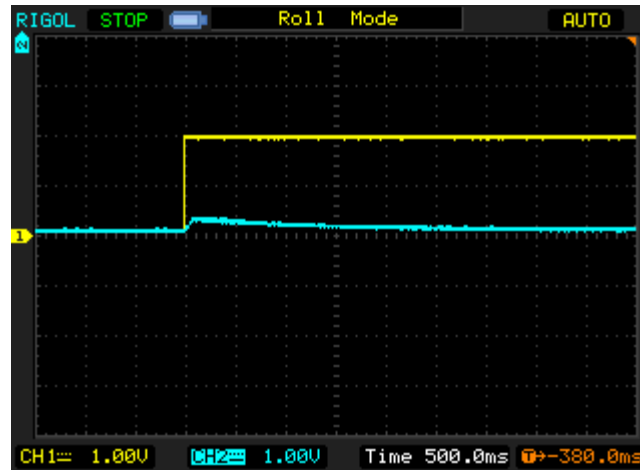
۳- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× و b و a را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید .

$$Gp(s) = \frac{50}{s(s + 50)}$$

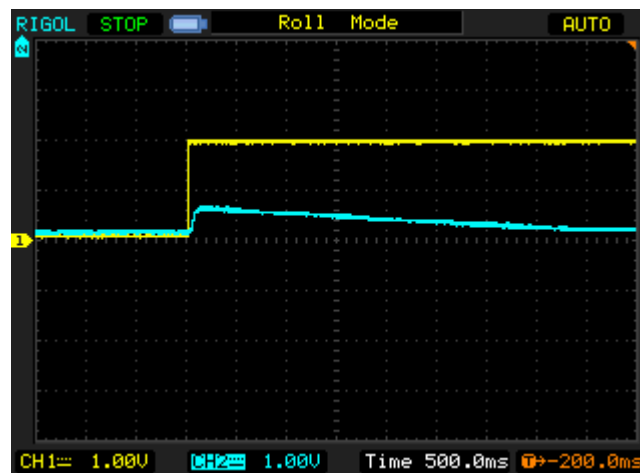
$$M(s) = \frac{50K_D s}{50K_D + s + 50}$$

۴- روی ماژول RN-E303 ولوم Kd را در موقعیت ۵۰ کیلو اهم تنظیم نمایید.

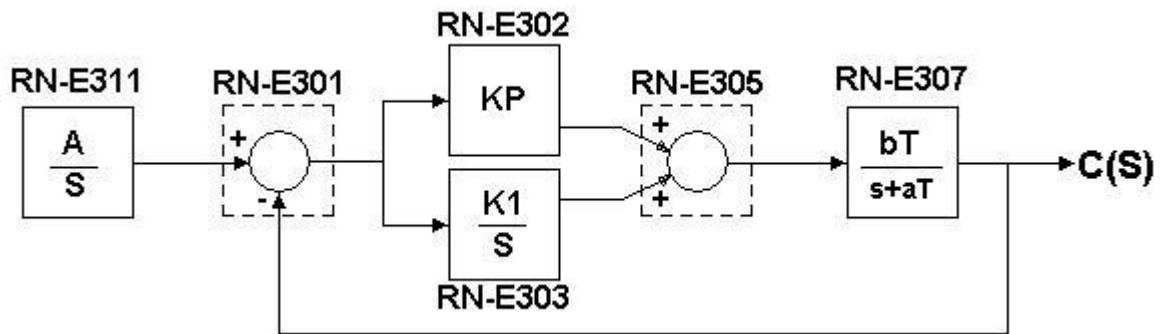
۵- با اسیلوسکوپ خروجی Vo2 ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید



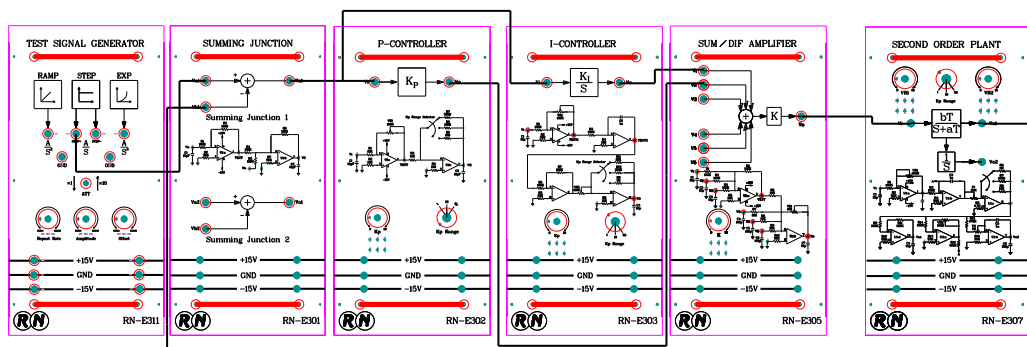
۶- مقدار K_D را به ماکزیمم مقدار افزایش دهید و سپس دوباره خروجی STEP+ و خروجی Vo2 ماژول RN-E307 را اندازه گیری نمایید .



آزمایش ۱۵: بررسی کنترل کننده تناسبی انتگرالی (PI-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه اول



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید.

۳- روی ماژول RN-E305 ولوم K را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید.

۴- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× a, b و روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید.

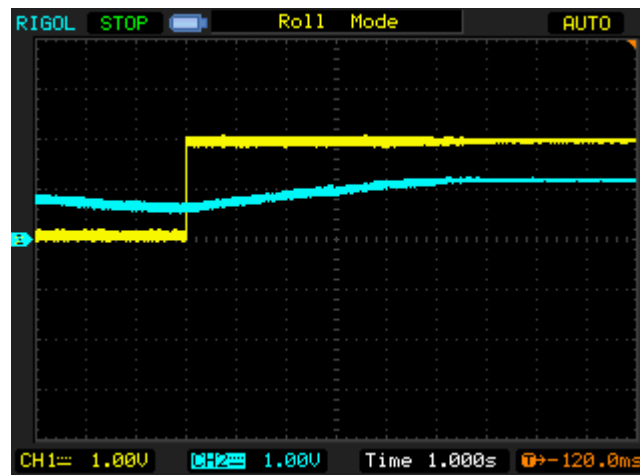
$$Gp(s) = \frac{50}{s + 50}$$

۵- روی ماژول RN-E302 ولوم Kp را در موقعیت ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید.

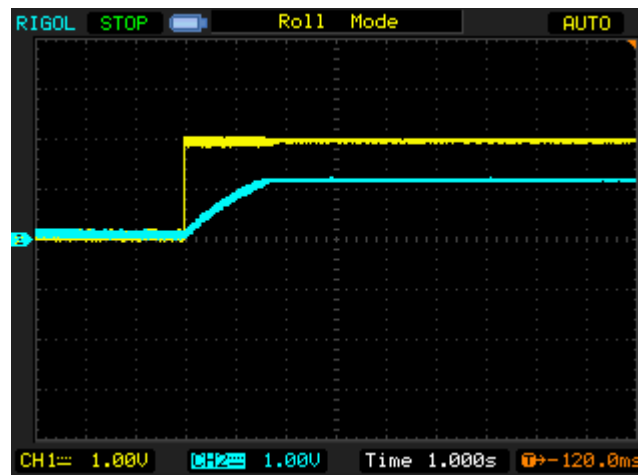


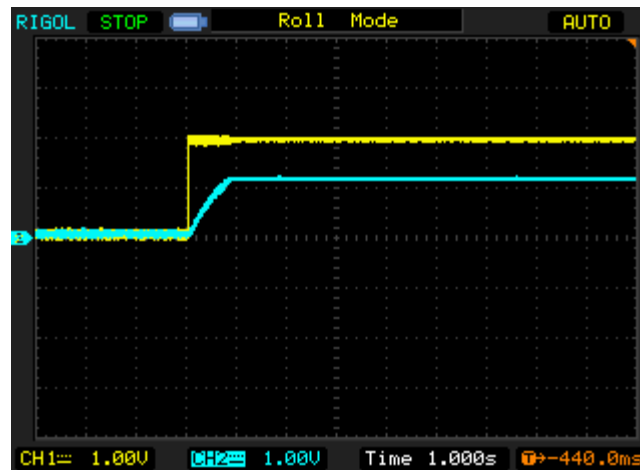
۶- روی مازول RN-E303 ولوم Ki را در موقعیت 0 کیلو اهم تنظیم نمایید.

۷- با اسیلوسکوپ خروجی Vo1 مازول RN-E307 و خروجی STEP+ در مازول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



۸- مراحل قبل را برای Ki های ۵۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار نیز تکرار نمایید .

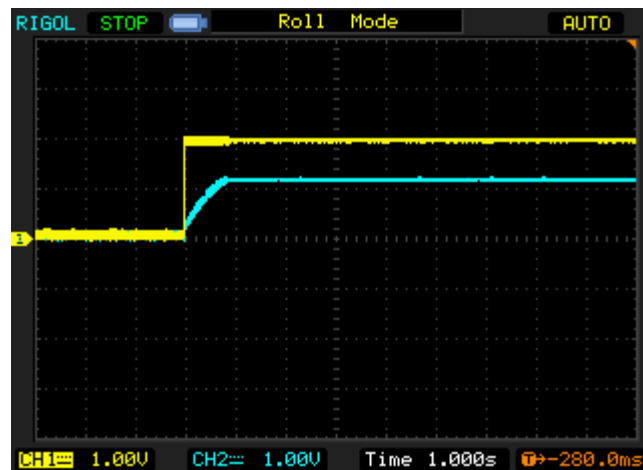




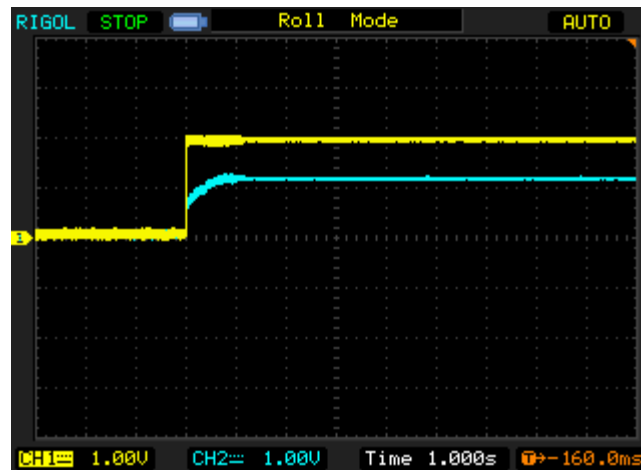
۹- در این مرحله K_i را در موقعیت ماکزیمم نگاه داشته و این بار K_p را تغییر می دهیم .

۱۰- ولوم K_p را در سه حالت ۱۰ ، ۵۰ و ماکزیمم مقدار تغییر دهید و نتایج را بررسی نمایید .

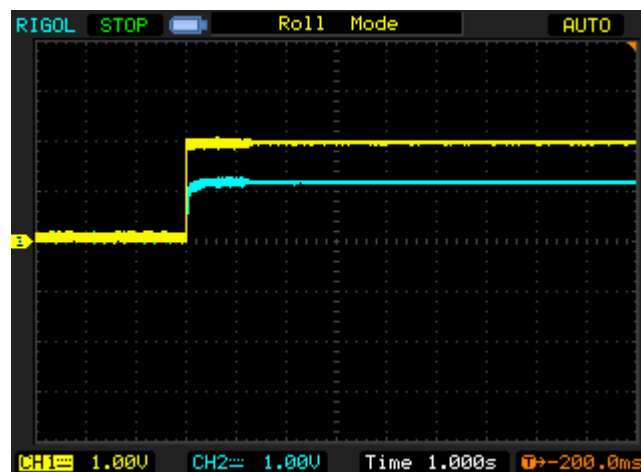
۱۱- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o1} ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



$$K_p = 10K$$

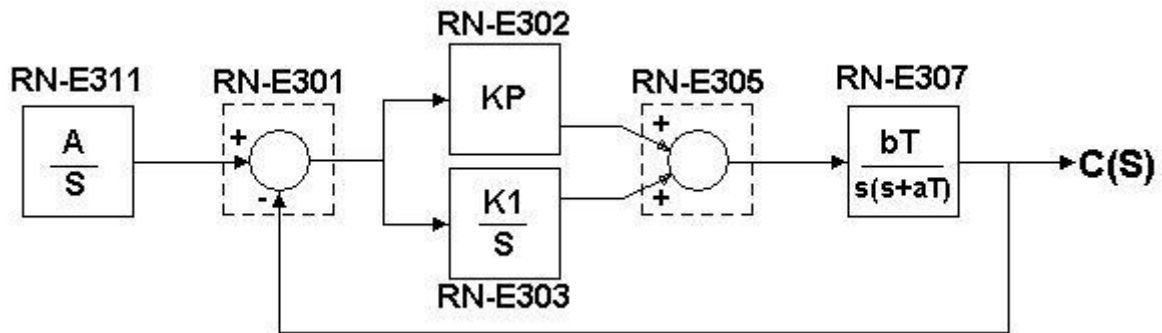


$K_P = 50K$

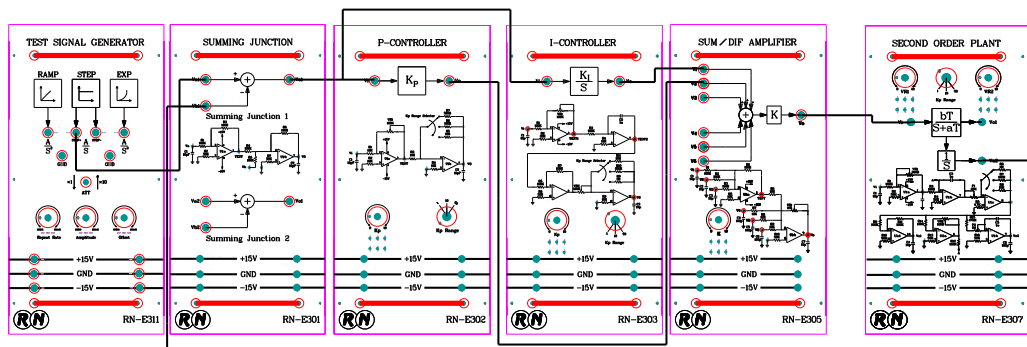


$K_P = MAX$

آزمایش ۱۶: بررسی کنترل کننده تناسبی انتگرالی (PI-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه دوم



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید.

۳- روی ماژول RN-E305 ولوم K را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید.

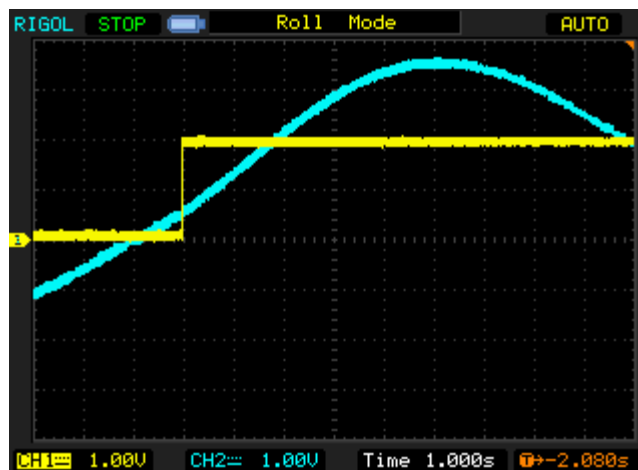
۴- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× و a, b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید.

$$Gp(s) = \frac{50}{s(s + 50)}$$

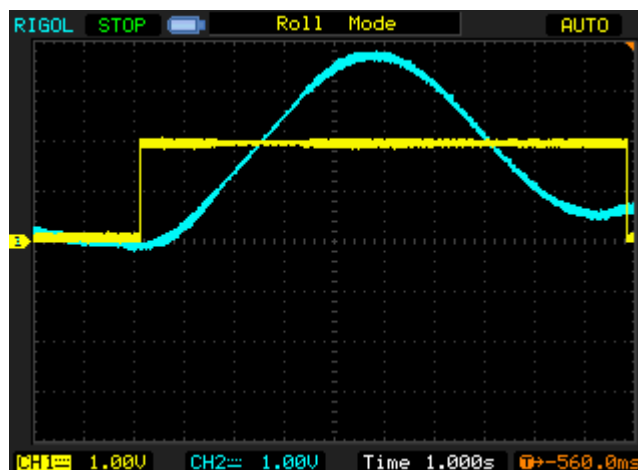
۵- روی ماژول RN-E302 ولوم Kp را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید.



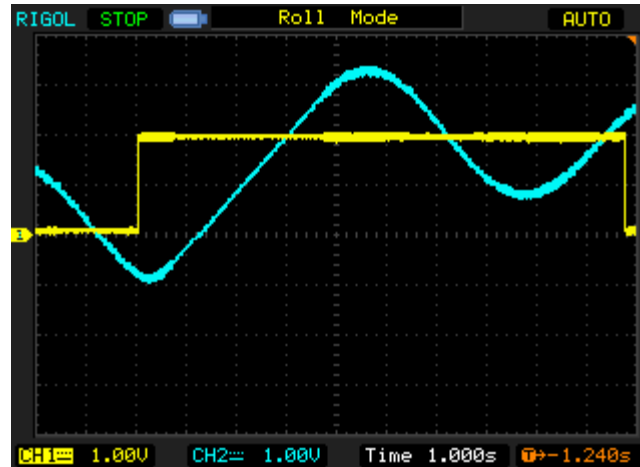
۶- روی ماژول RN-E303 ولوم K_i را در موقعیت ۲۰، ۵۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار تنظیم نمائید.



$K_i = 20K$



$K_i = 50K$

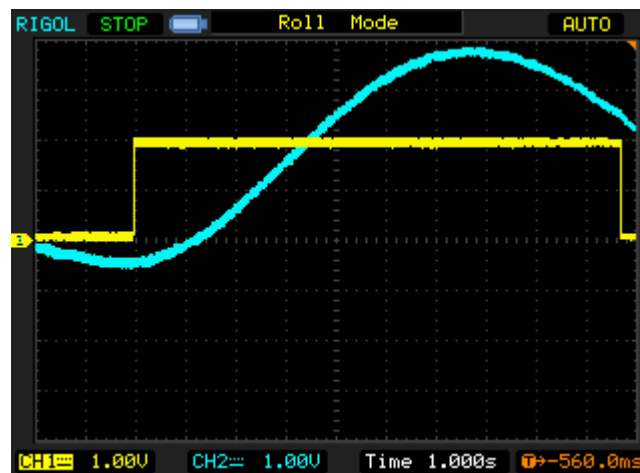


$$K_i = \text{MAX}$$

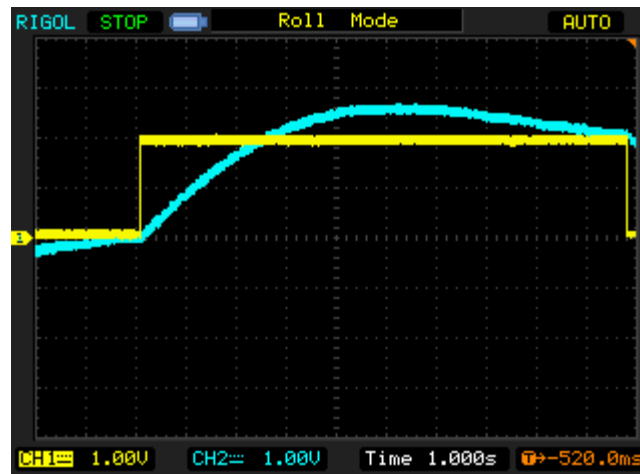
۷- در این مرحله K_i را ثابت نگاه داشته و K_P را تغییر می‌دهیم .

۸- ولوم K_i را روی موقعیت ۲۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

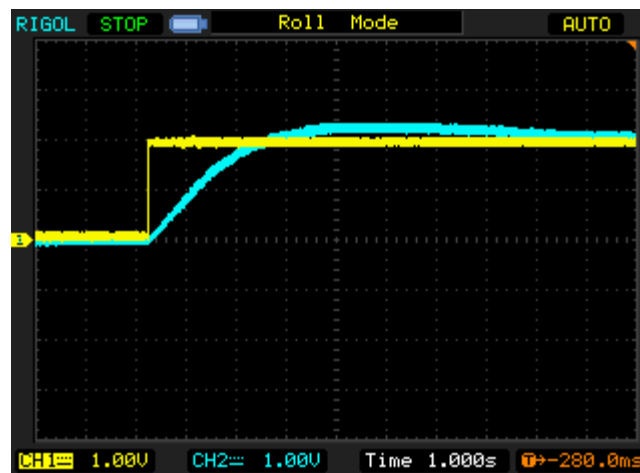
۹- ولوم K_P را روی موقعیت های ۱۰ و ۵۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار تنظیم نمایید و نتایج را بررسی نمایید .



$$K_P = 10K$$

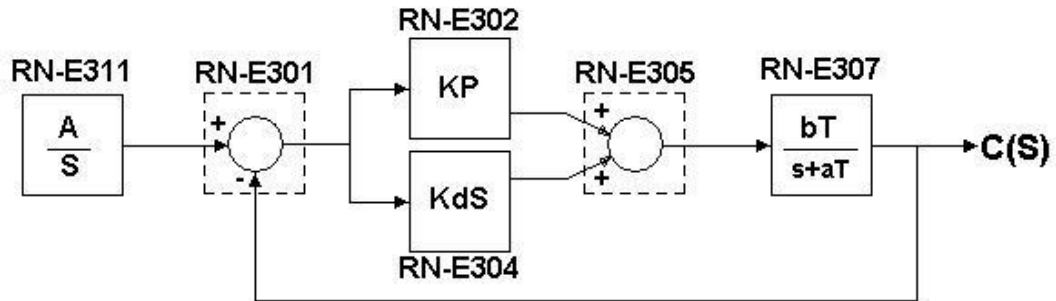


$K_P = 50K$

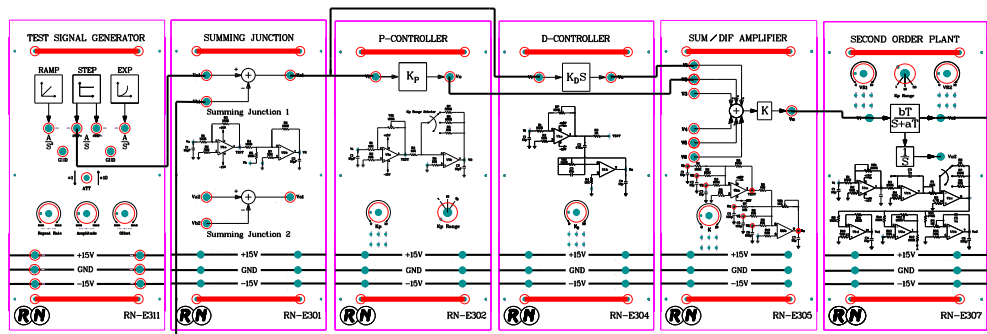


$K_P = MAX$

آزمایش ۱۷: بررسی کنترل کننده تناسبی مشتقی (PD-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه اول



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

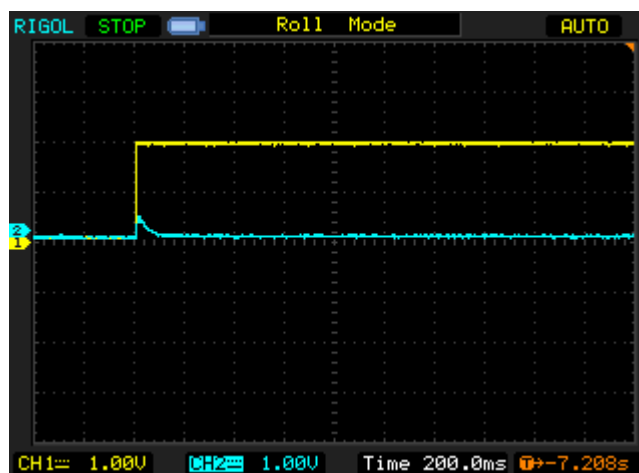
۳- روی ماژول RN-E305 ولوم K را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید.

۴- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× و a, b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید .

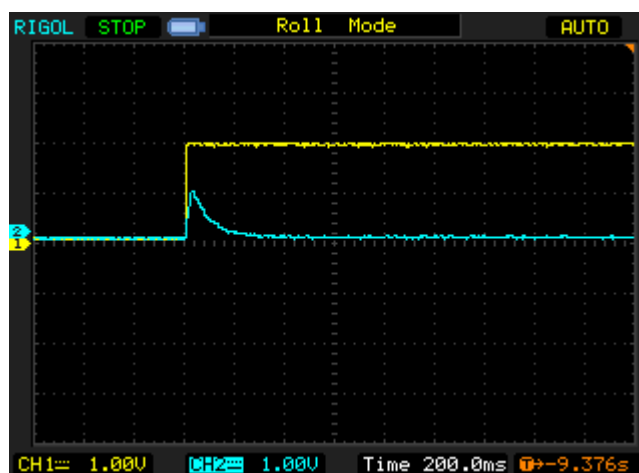
$$Gp(s) = \frac{50}{s + 50}$$

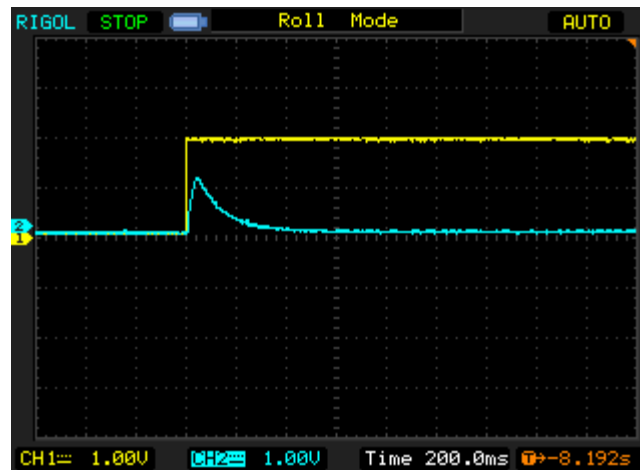


- ۵- روی ماژول RN-E302 ولوم K_p را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید .
- ۶- روی ماژول RN-E304 ولوم K_d را در موقعیت ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .
- ۷- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o1} ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



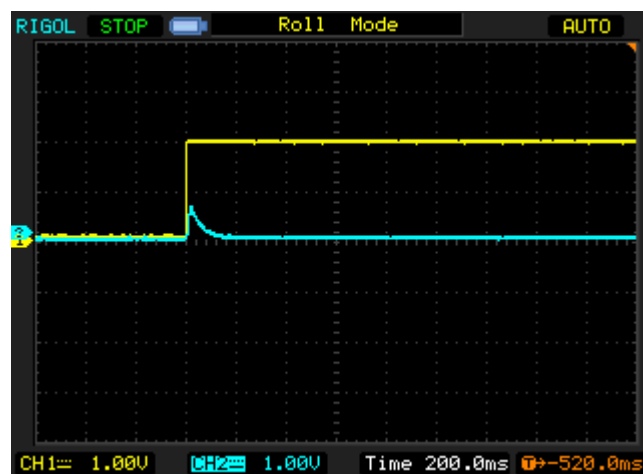
- ۸- مراحل قبل را برای K_d های ۵۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار تکرار کنید و نتایج را برای خطای حالت ماندگار مقایسه نمایید.





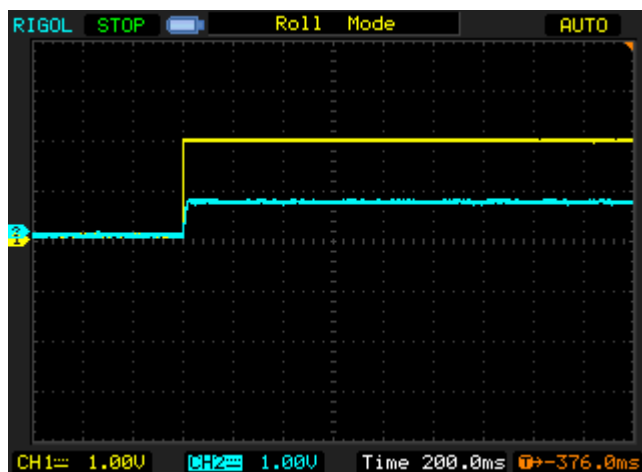
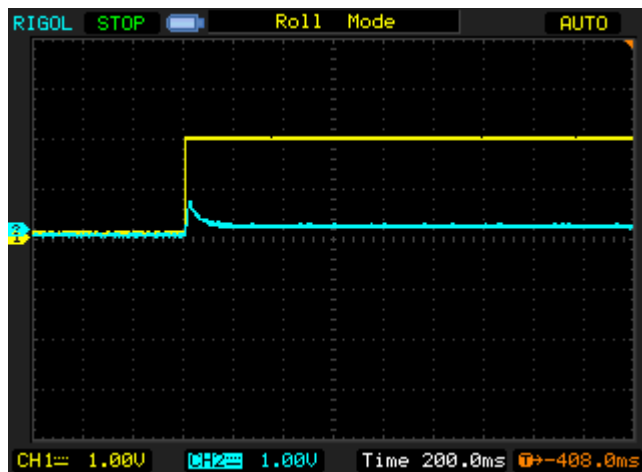
۹- در این مرحله K_d را ۲۰ کیلو اهم و K_p را ۱ کیلو اهم قرار دهید .

۱۰- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o1} ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

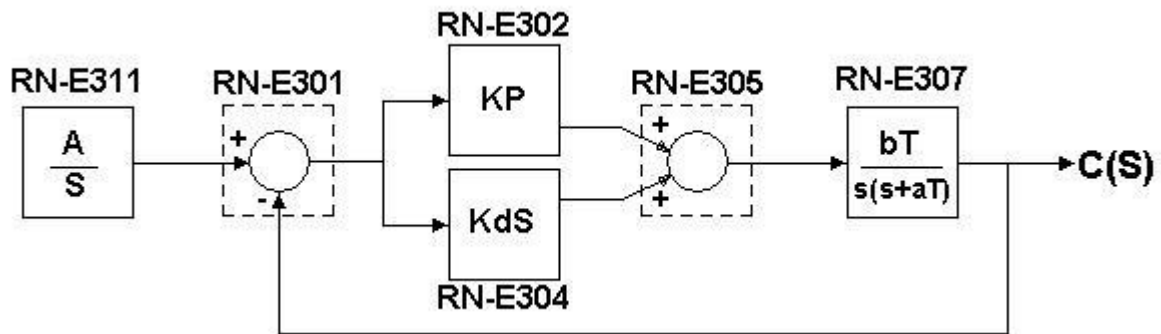




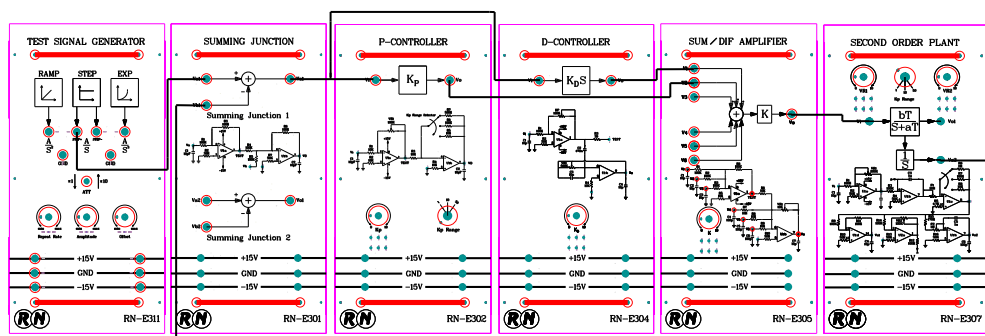
۱۱- نتایج را برای K_p های ۱۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار مقایسه کنید .



آزمایش ۱۸: بررسی کنترل کننده تناسبی مشتقی (PD-CONTROLLER) بر روی سیستم مرتبه دوم



۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 2Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- روی ماژول RN-E305 ولوم K را در موقعیت ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید.

۴- روی ماژول RN-E307 سلکتور را در موقعیت ۱۰× و a , b را روی ۵ کیلو اهم تنظیم نمایید .

$$Gp(s) = \frac{50}{s(s + 50)}$$



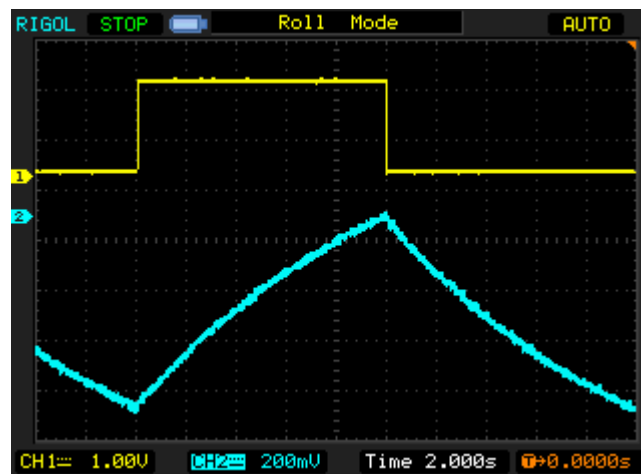
۵- روی ماژول RN-E302 ولوم K_p را در موقعیت ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

نکته : در کلیه مراحل آزمایش سلکتورها در موقعیت $\times 1$ قرار دارند به استثناء مواردی که به تغییر موقعیت سلکتور بعنوان یک مرحله از آزمایش اشاره شده باشد .

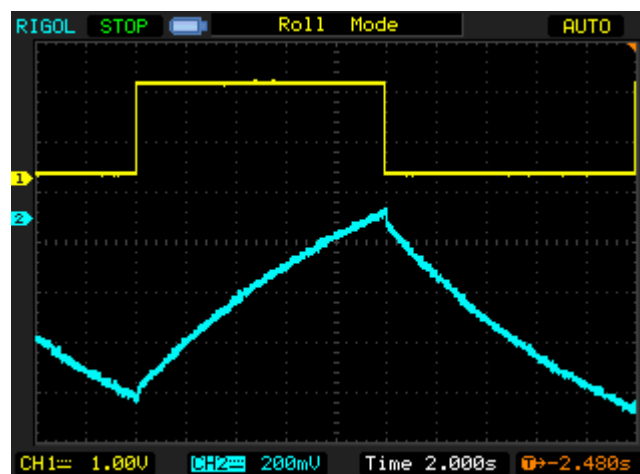
۶- روی ماژول RN-E304 ولوم K_d را در موقعیت ۱۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۷- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o2} ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

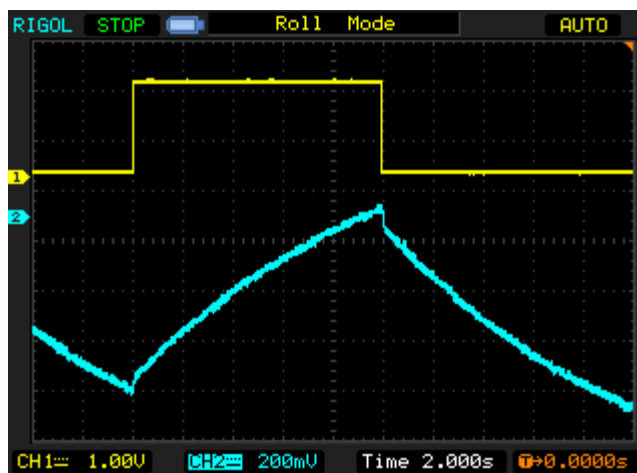
نکته : در این آزمایش برای بهتر دیده شدن تغییرات سیگنال خروجی می بایست از مقدار VOLT DIV کمتری نسبت به ورودی استفاده شود . (VOLT DIV CH1=1v , VOLT DIV CH2=200mv)



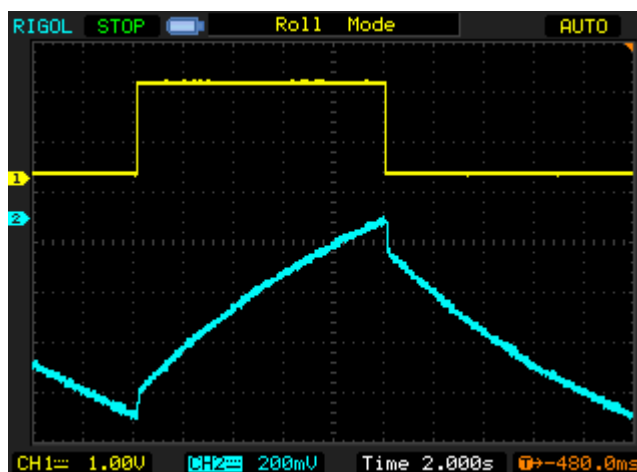
۸- مراحل قبل را برای K_d های ۳۰ ، ۵۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار تکرار کنید و نتایج را برای خطای حالت ماندگار مقایسه نمایید.



$K_d=30K$



$K_d=30K$

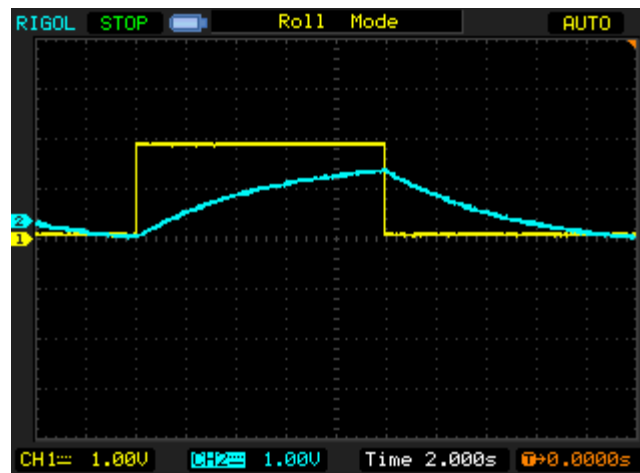


$K_d=MAX$

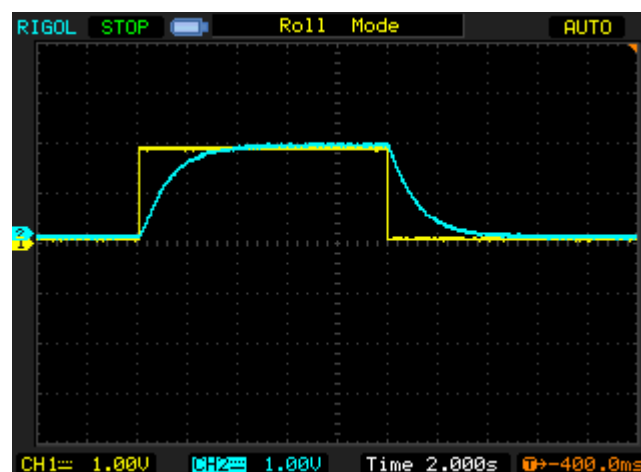
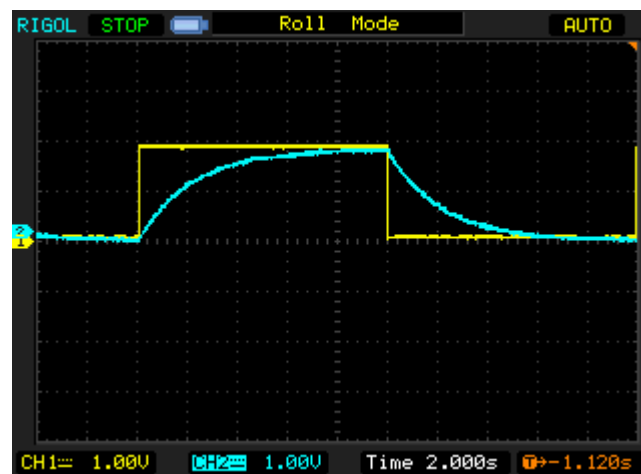


۹- در این مرحله K_d را ۱۰ روی کیلو اهم و K_p را روی ۲۰ کیلو اهم قرار دهید .

۱۰- با اسیلوسکوپ خروجی V_{o2} ماژول RN-E307 و خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



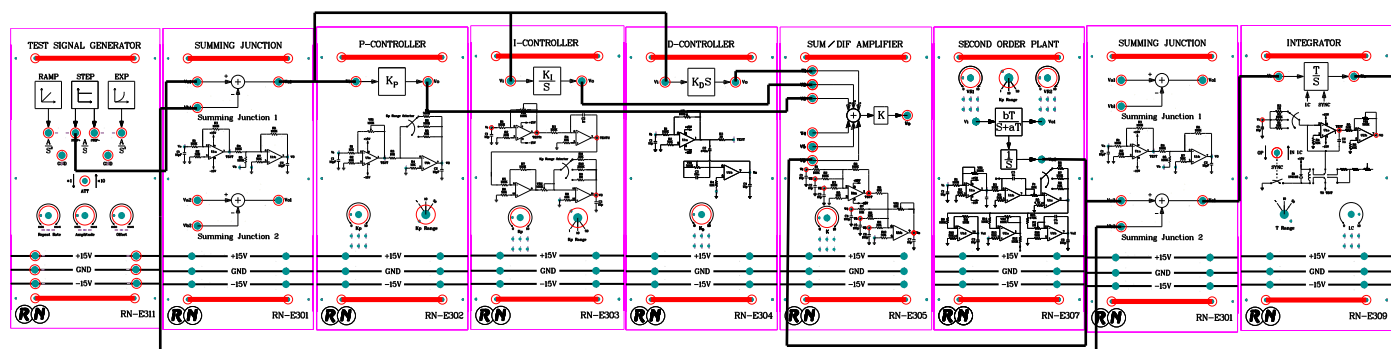
۱۱- نتایج را برای K_p های ۵۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار نیز مقایسه کنید .





آزمایش ۱۹: بررسی کنترل کننده تناسبی انتگرالی مشتقی (PID-CONTROLLER)

۱- سیستم را مانند شکل زیر سیم بندی کنید :



۲- روی ماژول RN-E311 توسط ولوم REPEAT RATE و ولوم AMP مقدار 0.05Hz و 3Vpp را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- بر روی ماژول RN-E307 سلکتور T را در وضعیت ۱۰× قرار داده و ولوم های a و b را به ترتیب بر روی ۲۰ و ۱۰۰ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۴- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را به مقدار ۱ کیلو اهم تنظیم نمایید .

۵- بر روی ماژول RN-309 سلکتور T را در وضعیت ۱۰× قرار داده و سوئیچ انتخاب کننده SYNC را در حالت OP قرار دهید . (در حالت OP نیازی به تنظیمات I.C نمی باشد) .

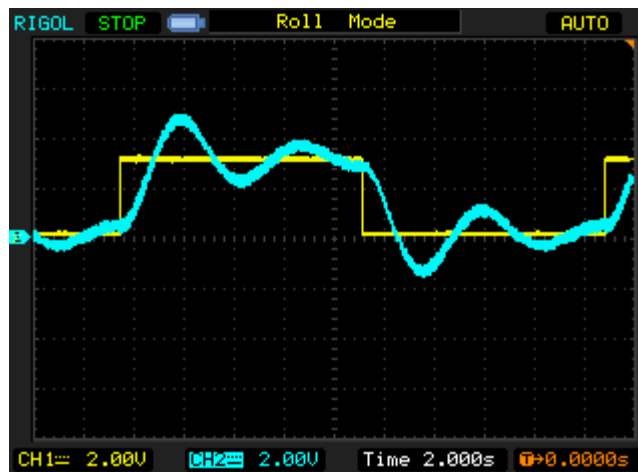
۶- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور K_P را در وضعیت ۱۰× قرار داده و ولوم K_P را بر روی ۵/۵ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سیم های مربوطه ولوم را وارد مدار نمایید .

۷- بر روی ماژول RN-E303 ولوم K_I را بر روی 34/69 کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سیم های مربوطه ولوم را وارد مدار نمایید . (در تمامی مراحل آزمایش ، اگر از تنظیمات سلکتور های مربوطه مطلبی ذکر نشده باشد ، می بایست سلکتورها بر روی وضعیت ۱× قرار گیرند) .



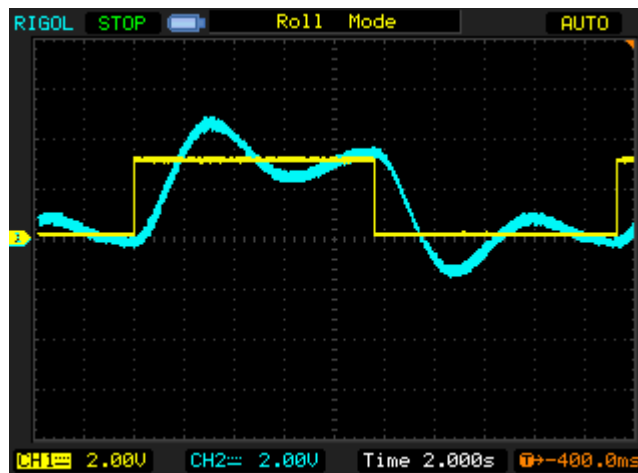
۸- بر روی ماژول RN-E304 ولوم K_D را بر روی ۰/۲ کیلو اهم تنظیم نمایید و توسط سیم‌های مربوطه ولوم را وارد مدار نمایید .

۹- با استفاده از اسیلوسکوپ خروجی ماژول RN-E309 و همچنین خروجی STEP+ در ماژول RN-E311 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

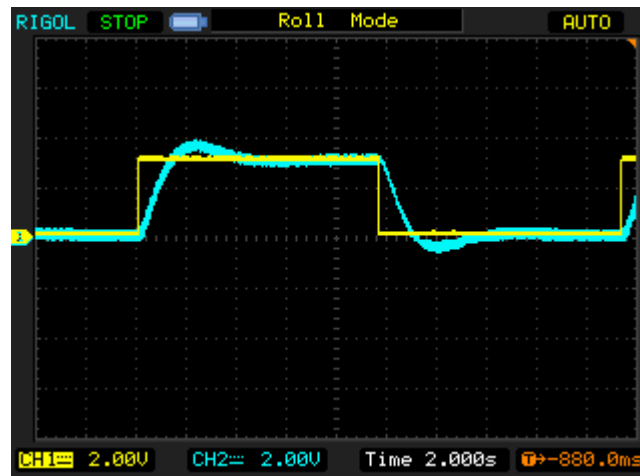


۱۰- با تغییر تنظیمات K_P ، K_I و K_D می‌توان به خروجی مطلوب تری نسبت به مرحله قبل رسید .

۱۱- با استفاده از اسیلوسکوپ مجدداً خروجی را اندازه گرفته و نتایج را ثبت نمایید .



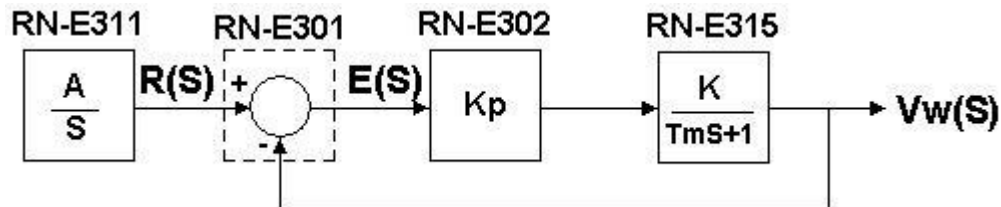
$$K_P=4K, K_I=20K, K_D=1K$$



$K_P=20K$, $K_I=25K$, $K_D=1K$



آزمایش ۲۰: کنترل سرعت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی (P-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E311 به کمک ولوم های REPEAT RATE و AMPLITUDE مقدار 50mHz و 1Vp-p را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- تابع تبدیل ساده شده $Gm(s)$ سرو موتور به این صورت می باشد :

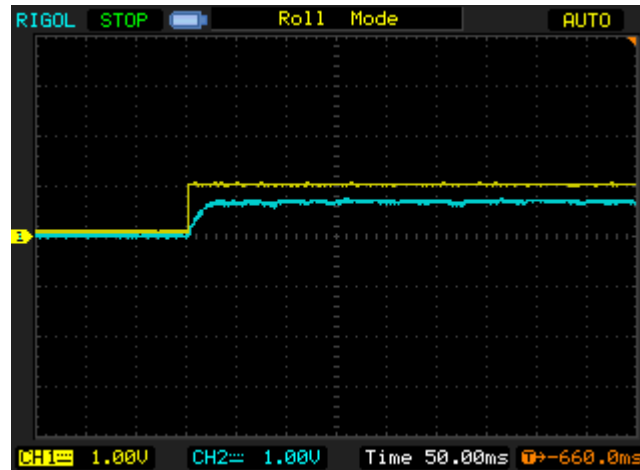
$$Gm(s) = \frac{V_w(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{\tau_m s + 1}$$

همچنین تابع تبدیل حلقه بسته $M(s)$ نیز عبارت است از :

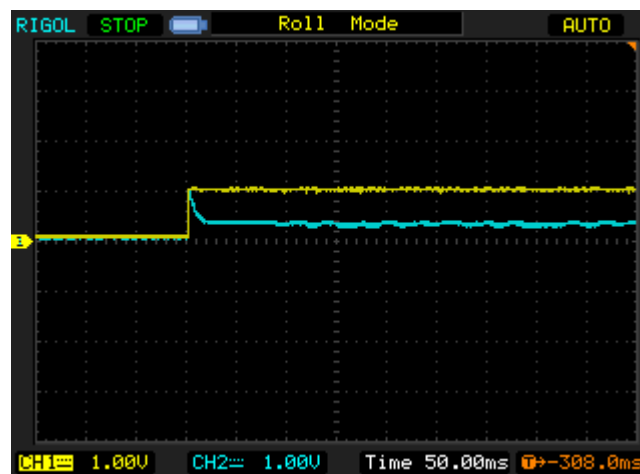
$$M(s) = \frac{V_w(s)}{R(s)} = \frac{3KpK}{\tau_m s + (1 + 3KpK)}$$

۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را در وضعیت ۱۰× و ولوم KP را روی ۱۰ کیلو اهم قرار دهید .

۵- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی VTa در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

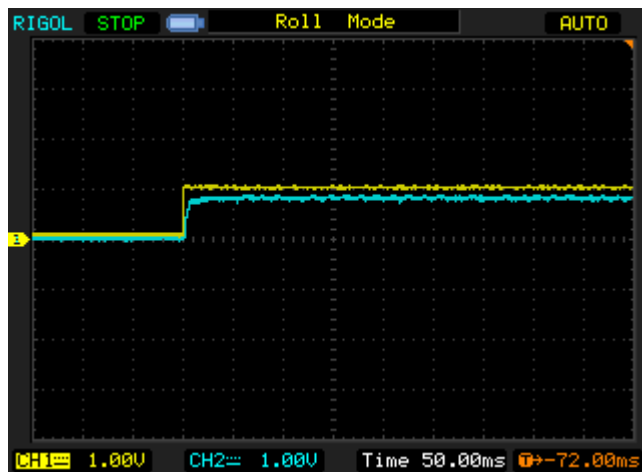


۶- همچنین اثر خطا بر روی سیستم را از طریق خروجی Vo1 در ماژول RN-E301 اندازه گیری نمایید .

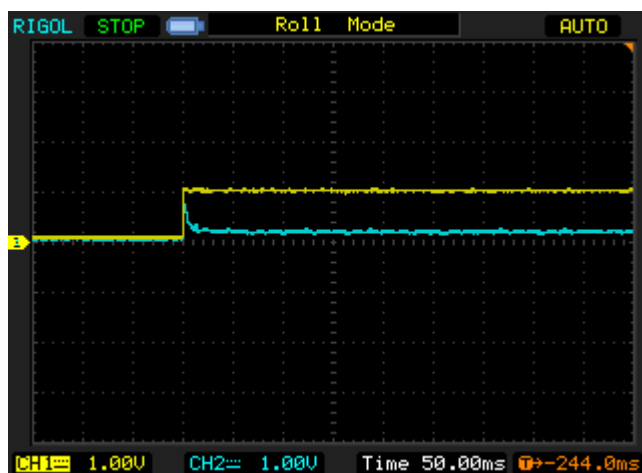




۷- مراحل فوق را با مقدار $K_P=30K$ نیز مجدداً انجام داده و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



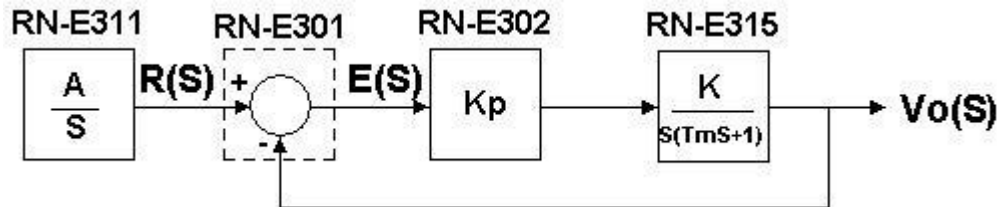
پاسخ سرعت سیستم



خطای حالت ماندگار سیستم



آزمایش ۲۱: کنترل موقعیت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی (P-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E311 به کمک ولوم های REPEAT RATE و AMPLITUDE مقدار 50mHz و 5Vp-p را در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- تابع تبدیل ساده شده $Gm(s)$ سرو موتور به این صورت می باشد :

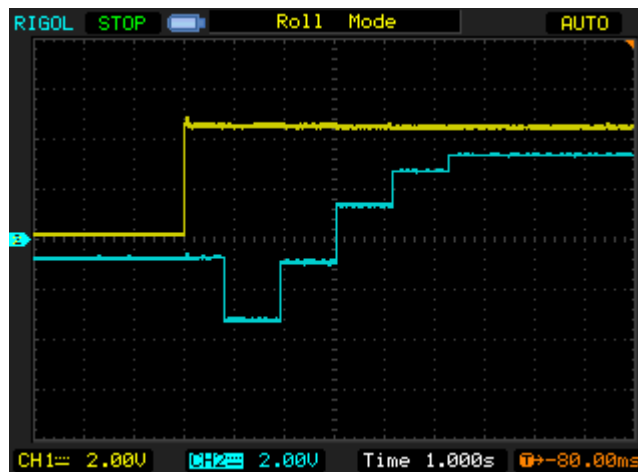
$$Gm(s) = \frac{V_{\theta}(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{s(\tau_m s + 1)}$$

همچنین تابع تبدیل حلقه بسته $M(s)$ نیز عبارت است از :

$$M(s) = \frac{V_{\theta}(s)}{R(s)} = \frac{3KpK}{\tau_m s^2 + s + 3KpK}$$

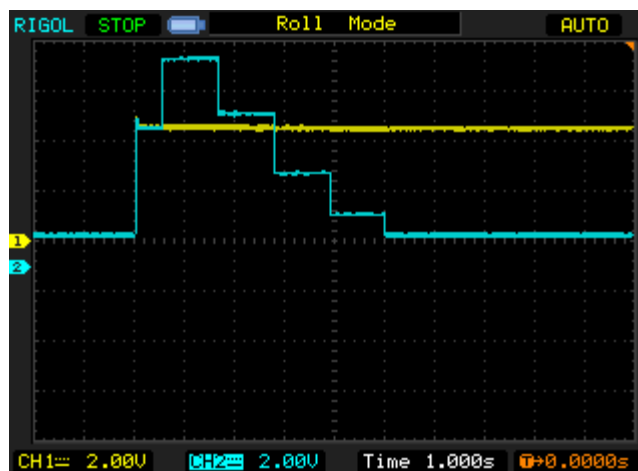
۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را در وضعیت ۱۰× و ولوم KP را روی ۳ کیلو اهم قرار دهید .

۵- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E311 و خروجی VO در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید



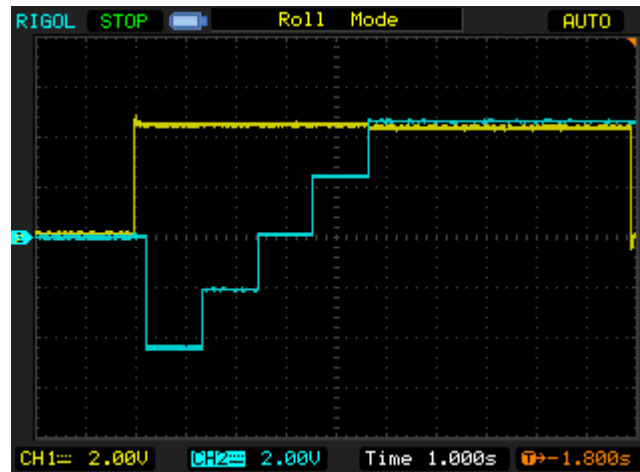
نکته: لازم به ذکر می باشد که خروجی موقعیت این سیستم از نوع دیجیتال می باشد و به همین علت است که پاسخ های گرفته شده از سیستم بصورت پله پله می باشد .

۶- همچنین اثر خطا بر روی سیستم را از طریق خروجی Vo1 در ماژول RN-E301 اندازه گیری نمایید .

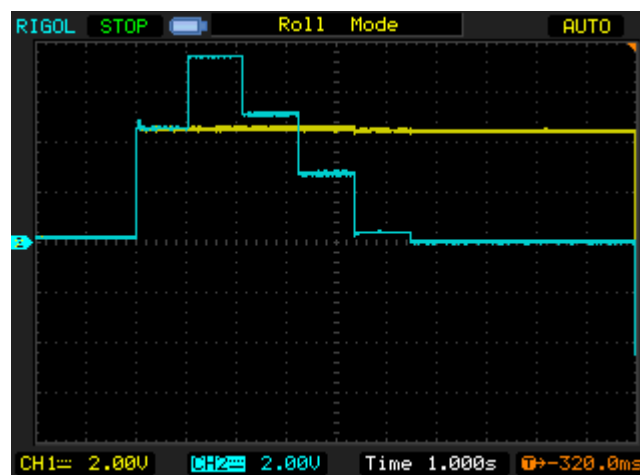




۷- مراحل فوق را با مقدار $K_P=10K$ نیز مجدداً انجام داده و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



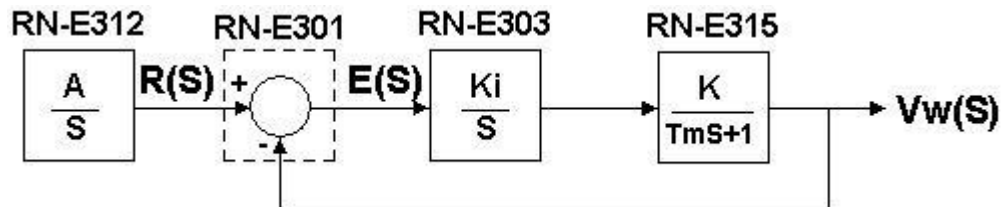
پاسخ موقعیت سیستم



خطای حالت ماندگار سیستم



آزمایش ۲۲: کنترل سرعت سرو موتور به کمک کنترل کننده انتگرالی (I-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 5Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید . (DC OFFSET=0)

۳- تابع تبدیل ساده شده $G_m(s)$ سرو موتور به این صورت می باشد :

$$G_m(s) = \frac{V_\omega(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{\tau_m s + 1}$$

همچنین تابع تبدیل حلقه بسته $M(s)$ نیز عبارت است از :

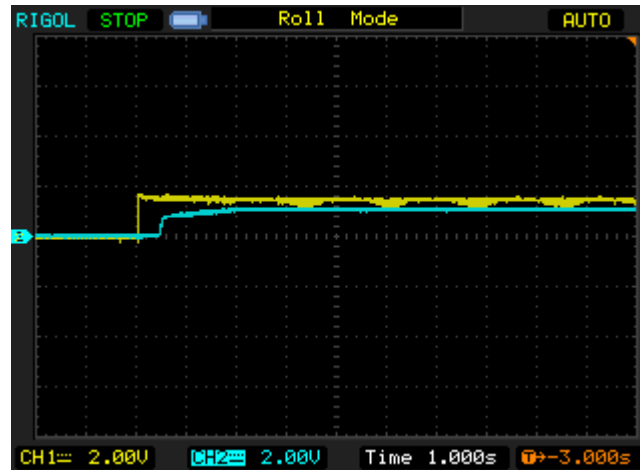
$$M(s) = \frac{V_\omega(s)}{R(s)} = \frac{3KiK}{\tau_m s^2 + s + 3KiK}$$

۴- بر روی ماژول RN-E303 سلکتور KI را در وضعیت ۱۰× و ولوم KI را روی ۱۰ کیلو اهم قرار دهید .

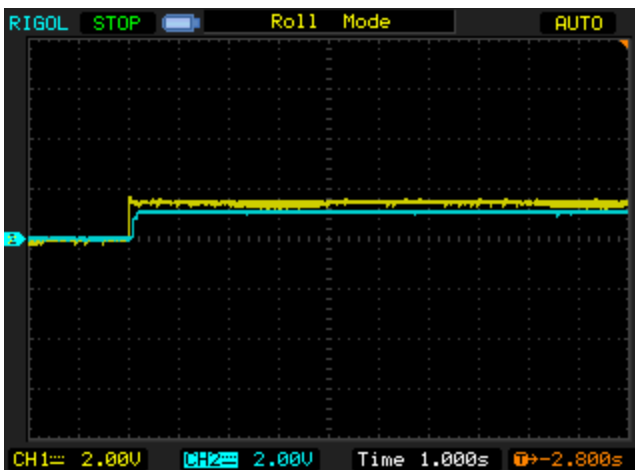
شرکت بین المللی الکترونیک رایان نیک
راهنمای استفاده از مجموعه آموزشی کنترل خطی مدل RN-LCT



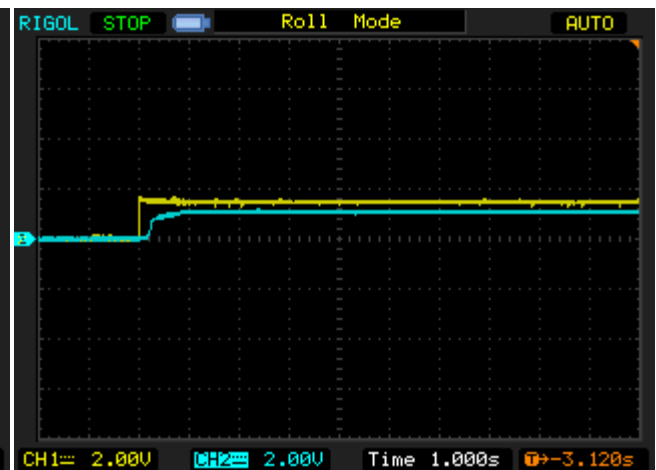
۵- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VTa در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



۶- مراحل ۴ و ۵ را با KI های ۲۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار نیز انجام دهید و تغییرات را مشاهده کنید .



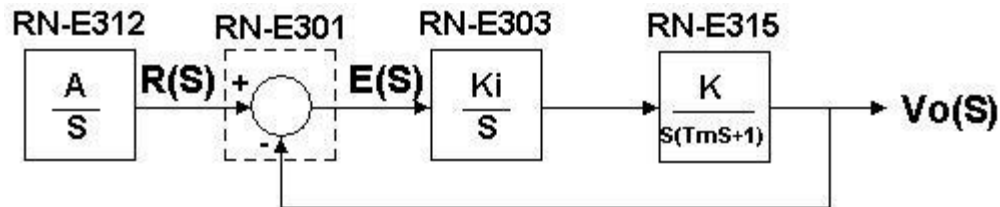
KI=MAX



KI=20K



آزمایش ۲۳: کنترل موقعیت سرو موتور به کمک کنترل کننده انتگرالی (I-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 2Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید . (DC OFFSET=0)

۳- تابع تبدیل ساده شده $Gm(s)$ سرو موتور به این صورت می باشد :

$$Gm(s) = \frac{V_{\theta}(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{s(\tau_m s + 1)}$$

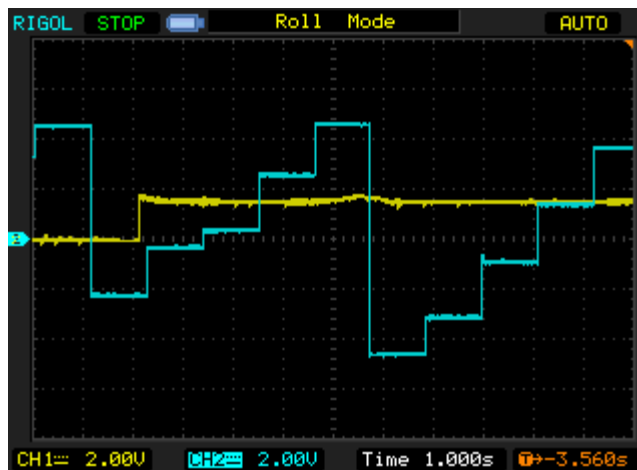
همچنین تابع تبدیل حلقه بسته $M(s)$ نیز عبارت است از :

$$M(s) = \frac{V_{\theta}(s)}{R(s)} = \frac{KiKsK}{\tau_m s^3 + s^2 + KiKsK}$$

۴- بر روی ماژول RN-E303 سلکتور KI را در وضعیت ۱× و ولوم KI را روی ۵۰ کیلو اهم قرار دهید .



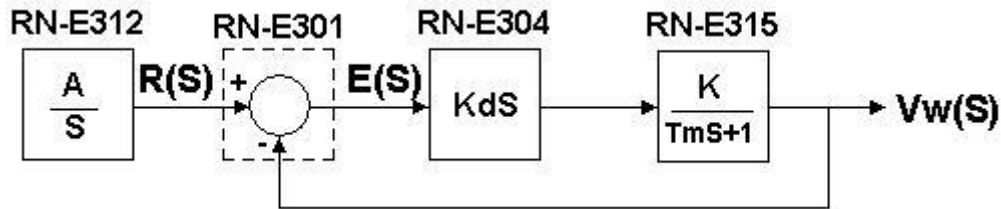
۵- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VO در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



نکته: لازم به ذکر می باشد که خروجی موقعیت این سیستم از نوع دیجیتال می باشد و به همین علت است که پاسخ های گرفته شده از سیستم بصورت پله پله می باشد .



آزمایش ۲۴: کنترل سرعت سرو موتور به کمک کنترل کننده مشتقی (D-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 4Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید . (DC OFFSET=0)

۳- تابع تبدیل ساده شده $Gm(s)$ سرو موتور به این صورت می باشد :

$$Gm(s) = \frac{V_w(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{\tau_m s + 1}$$

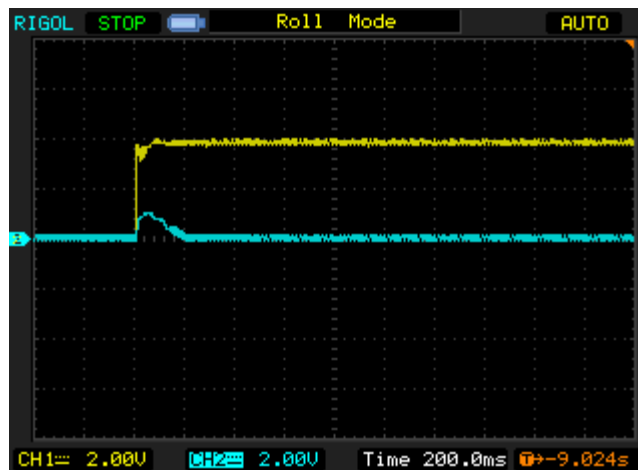
همچنین تابع تبدیل حلقه بسته $M(s)$ نیز عبارت است از :

$$M(s) = \frac{V_w(s)}{R(s)} = \frac{KdKsKS}{(KdKsK + \tau m)s + 1}$$

۴- بر روی ماژول RN-E304 ولوم KD را روی ۳۰ کیلو اهم قرار دهید .

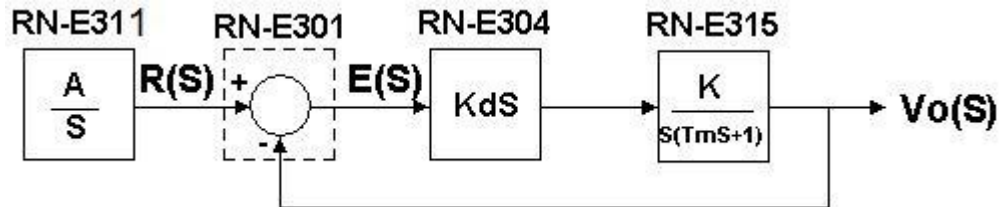


- ۵- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VTa در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .





آزمایش ۲۵: کنترل موقعیت سرو موتور به کمک کنترل کننده مشتقی (D-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E311 به کمک ولوم های REPEAT RATE و AMPLITUDE مقدار 50mHz و 4Vp-p در خروجی STEP+ تنظیم نمایید .

۳- تابع تبدیل ساده شده $Gm(s)$ سرو موتور به این صورت می باشد :

$$Gm(s) = \frac{V_{\theta}(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{s(\tau_m s + 1)}$$

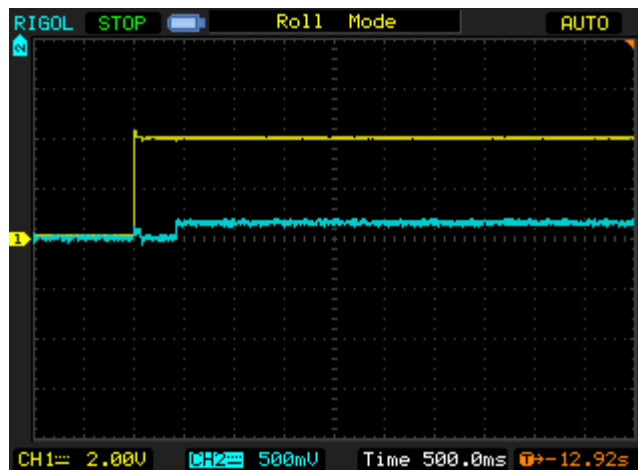
همچنین تابع تبدیل حلقه بسته $M(s)$ نیز عبارت است از :

$$M(s) = \frac{V_{\theta}(s)}{R(s)} = \frac{KdKsK}{\tau ms + (1 + KdKsK)}$$

۴- بر روی ماژول RN-E304 ولوم KD را روی ۳۰ کیلو اهم قرار دهید .

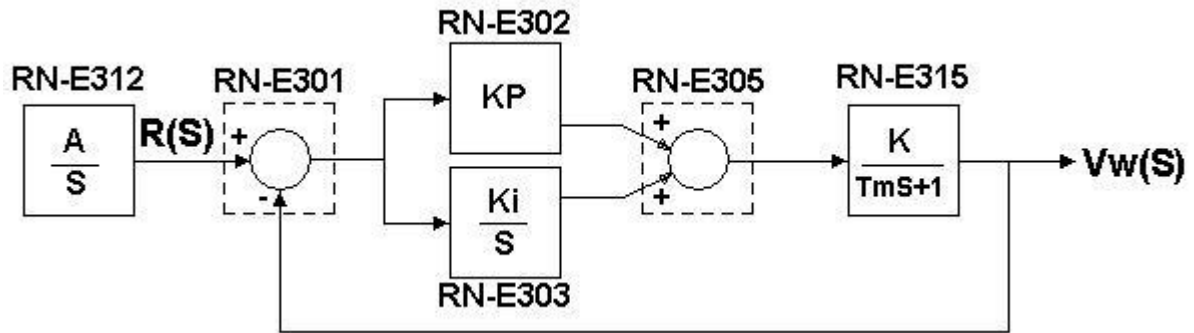


۵- با اسیلوسکوپ خروجی STEP+ ماژول RN-E312 و خروجی VO در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید





آزمایش ۲۶: کنترل سرعت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی انتگرالی (PI-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 1Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید. (DC OFFSET=0).

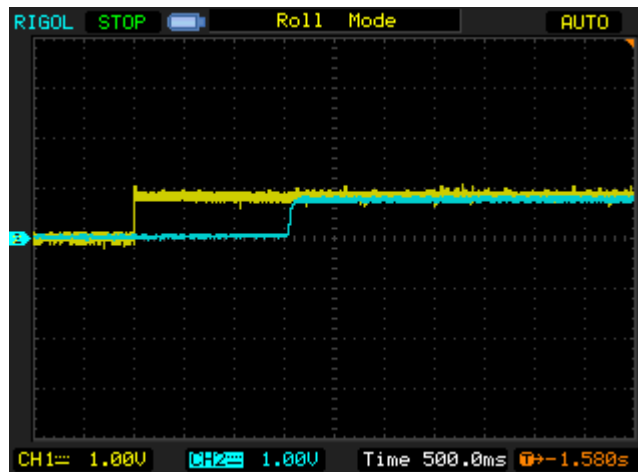
۳- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را بر روی ماکزیمم مقدار قرار دهید .

۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را بر روی وضعیت ۱۰× و ولوم KP را روی ۲۰۰ اهم قرار دهید .

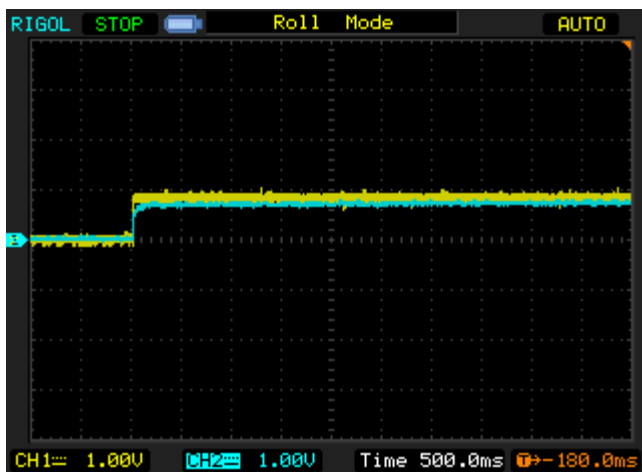
۵- بر روی ماژول RN-E303 سلکتور KI را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KI را روی ۲۰ کیلو اهم قرار دهید .



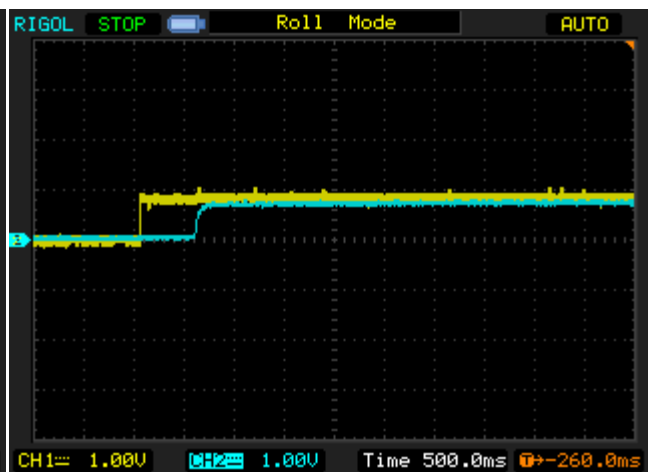
- ۶- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VTa در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید ..



- ۷- مراحل قبلی آزمایش را با مقدار K_P های ۲ و ۱۰ کیلو اهم نیز تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



$K_P=10K$

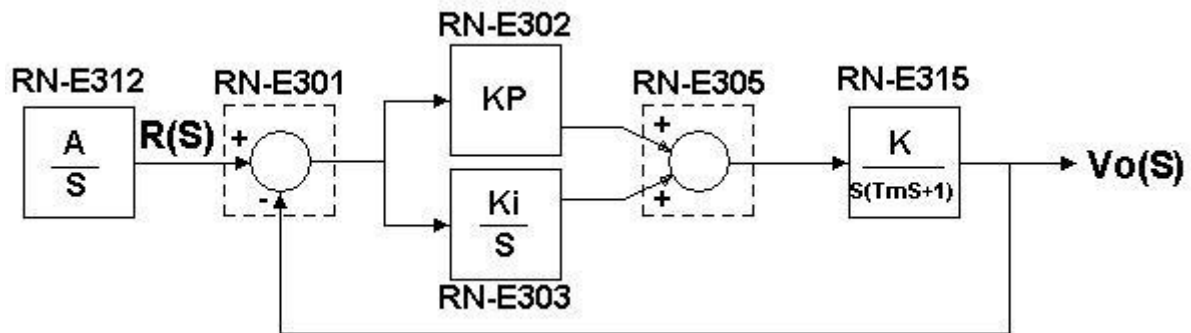


$K_P=2K$

- ۸- در این مرحله از آزمایش مقدار K_P را ثابت نگه دارید و با مقادیر مختلف K_I نتایج را بررسی نمایید .



آزمایش ۲۷: کنترل موقعیت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی انتگرالی (PI-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

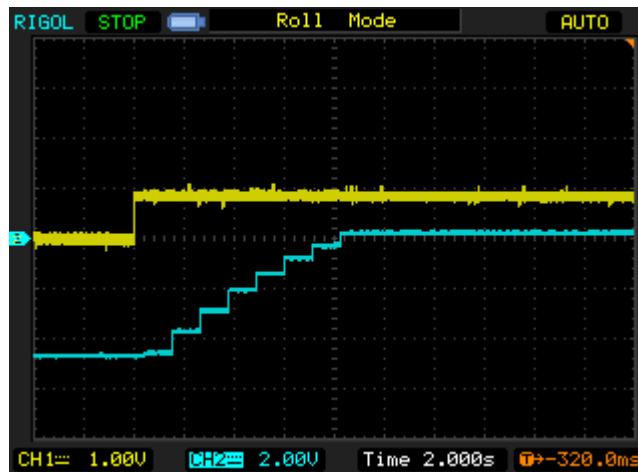
۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 1Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید. (DC OFFSET=0)

۳- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را بر روی ماکزیمم مقدار قرار دهید .

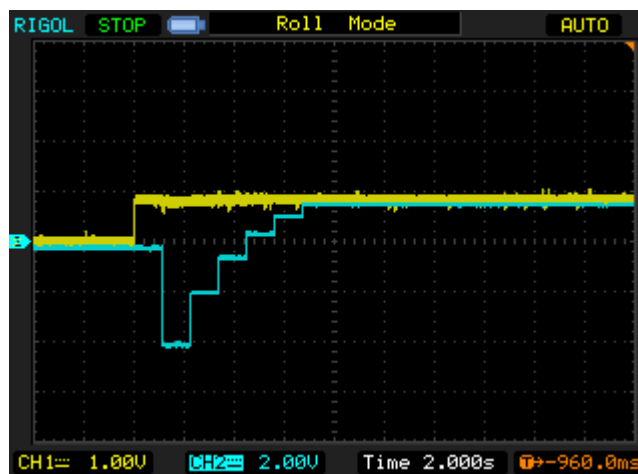
۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KP را روی ۱۰ کیلو اهم قرار دهید .

۵- بر روی ماژول RN-E303 سلکتور KI را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KI را روی ۱ کیلو اهم قرار دهید .

۶- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VO در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید ..



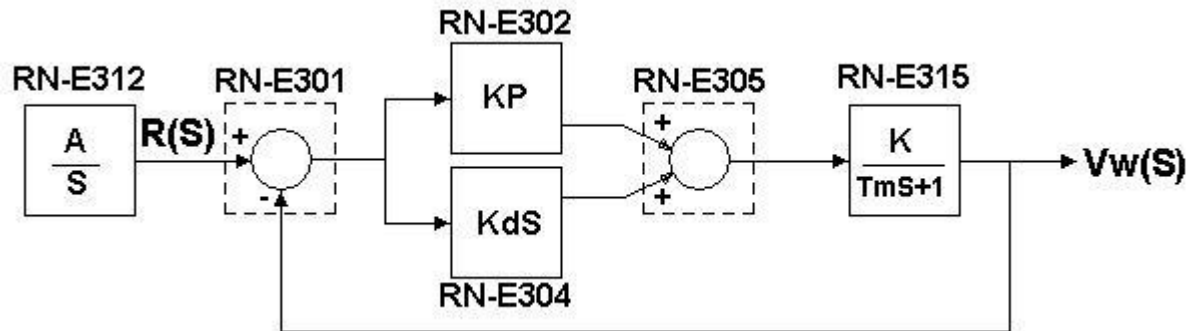
۷- مراحل قبلی آزمایش را با مقدار $K_P=20K$ نیز تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



نکته: عملکرد این کنترلر بسیار کند می باشد . (زمانیکه خروجی ثابت می شود ، می بایست کمی صبر نمود و پس از بر عکس شدن دور موتور ، کلید پالسر را فشرده و سپس خروجی را مشاهده و اندازه گیری نمود .)



آزمایش ۲۸: کنترل سرعت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی مشتقی (PD-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 4Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید. (DC OFFSET=0)

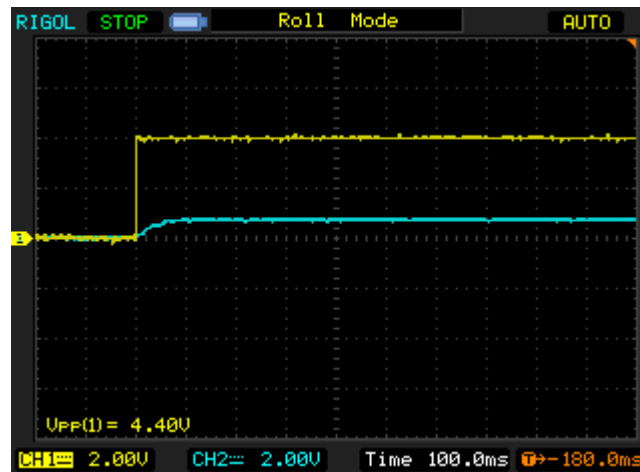
۳- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را بر روی ماکزیمم مقدار قرار دهید .

۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KP را روی ۱۳ کیلو اهم قرار دهید .

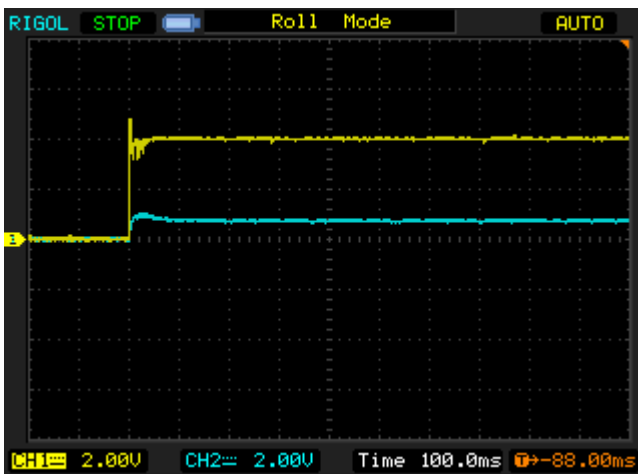
۵- بر روی ماژول RN-E304 ولوم KD را روی صفر اهم قرار دهید .



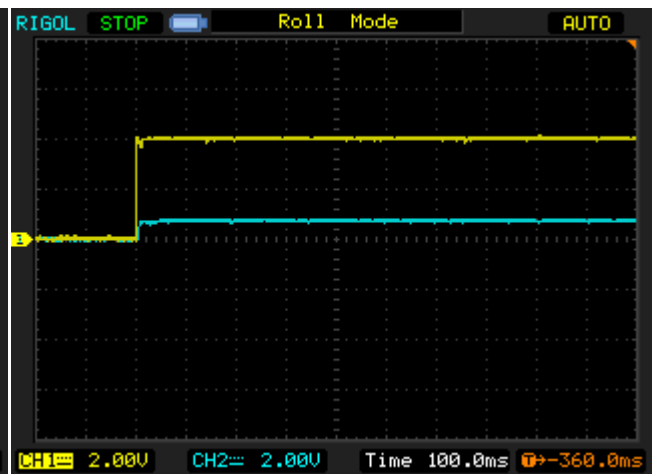
- ۶- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VTa در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



- ۷- مراحل قبلی آزمایش را با مقدار KP های ۳ و ۲۰ کیلو اهم نیز تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



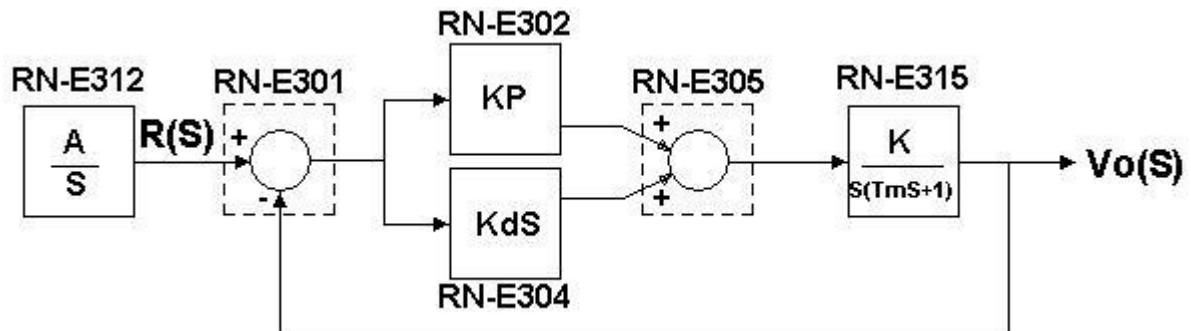
KP=20K



KP=3K



آزمایش ۲۹: کنترل موقعیت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی مشتقی (PD-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

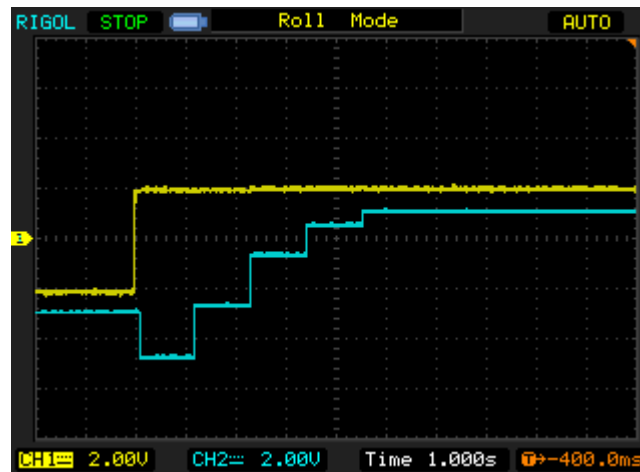
۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 4Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید. (DC OFFSET=-2V).

۳- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را بر روی ماکزیمم مقدار قرار دهید .

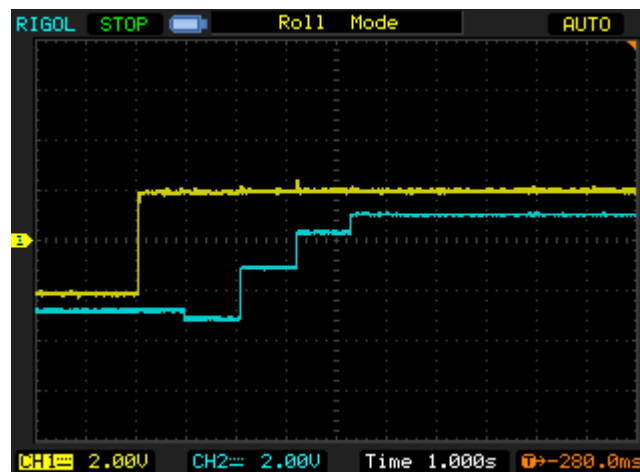
۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KP را روی ۱۳ کیلو اهم قرار دهید .

۵- بر روی ماژول RN-E304 ولوم KD را روی صفر اهم قرار دهید .

۶- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VO در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .

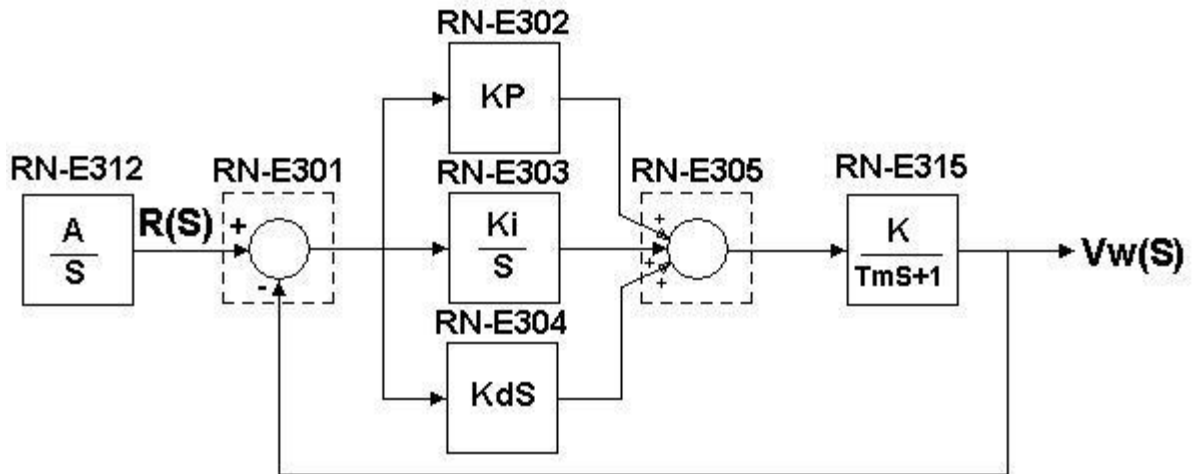


۷- مراحل قبلی آزمایش را با مقدار $K_P=10K$ نیز تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .





آزمایش ۳۰: کنترل سرعت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی انتگرالی مشتقی (PID-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 4Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید. (DC OFFSET=0)

۳- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را بر روی ماکزیمم مقدار قرار دهید .

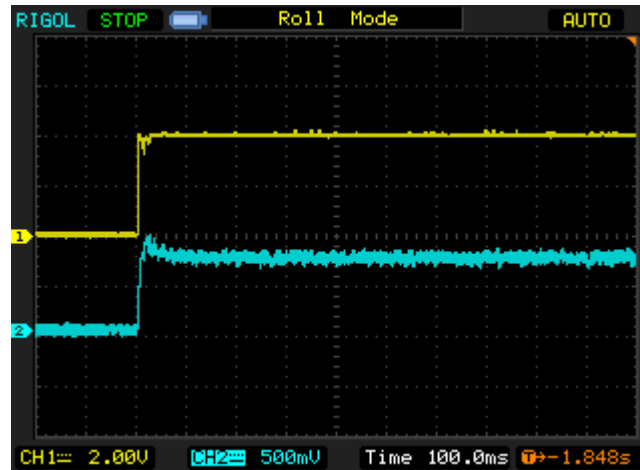
۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KP را روی ۱۰ کیلو اهم قرار دهید .

۵- بر روی ماژول RN-E303 سلکتور KI را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KI را در حد صفر اهم قرار دهید .

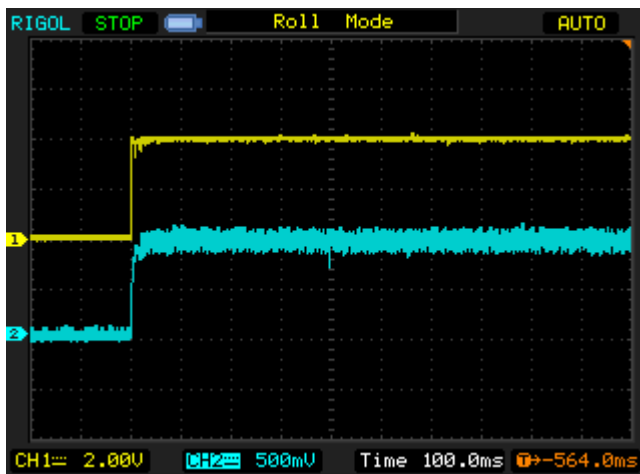
۶- بر روی ماژول RN-E304 ولوم KD را روی ۱۳ کیلو اهم قرار دهید .



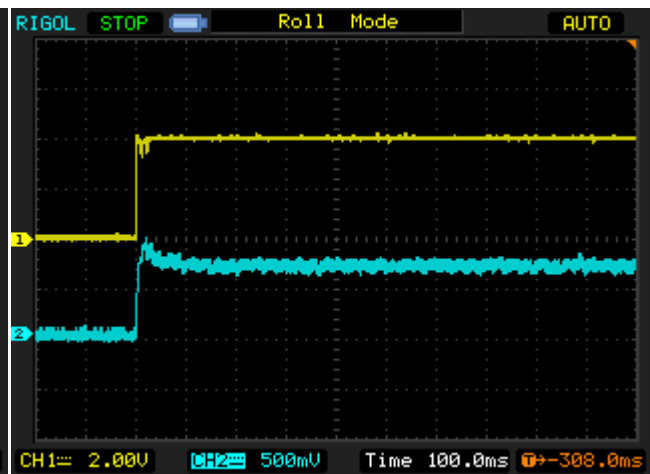
۷- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VTa در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



۸- مراحل قبلی آزمایش را با مقدار KP های ۱۵ و ۵۰ کیلو اهم نیز تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



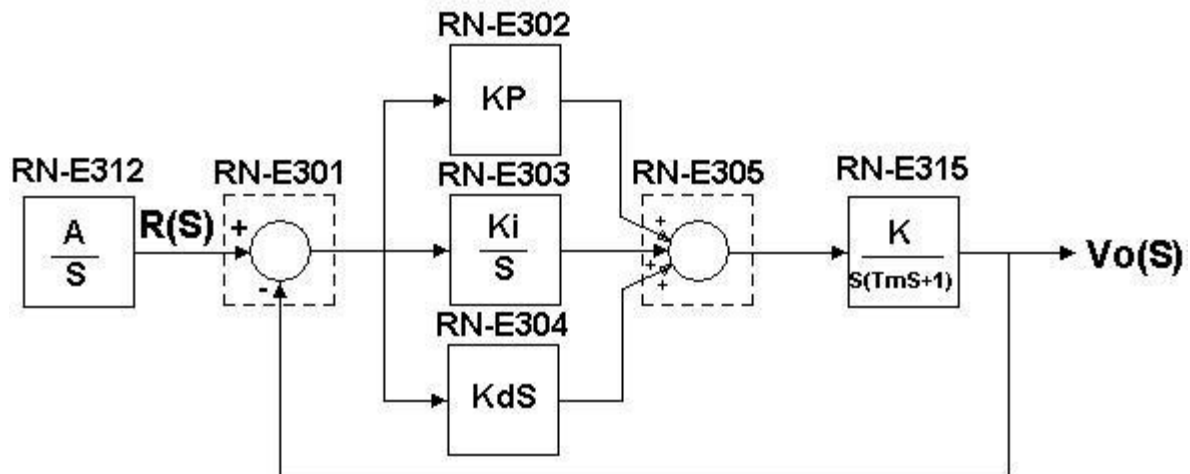
KP=50K



KP=15K



آزمایش ۳۱: کنترل موقعیت سرو موتور به کمک کنترل کننده تناسبی انتگرالی مشتقی (PID-CONTROLLER)



۱- سیستم را همانند بلوک دیاگرام نشان داده شده سیم کشی نمایید .

۲- بر روی ماژول RN-E312 به کمک ولوم های DC OFFSET و AMPLITUDE مقدار 4Vp-p پالس در پین سمت راست خروجی OUT تنظیم نمایید. (DC OFFSET=-2V).

۳- بر روی ماژول RN-E305 ولوم K را بر روی ماکزیمم مقدار قرار دهید .

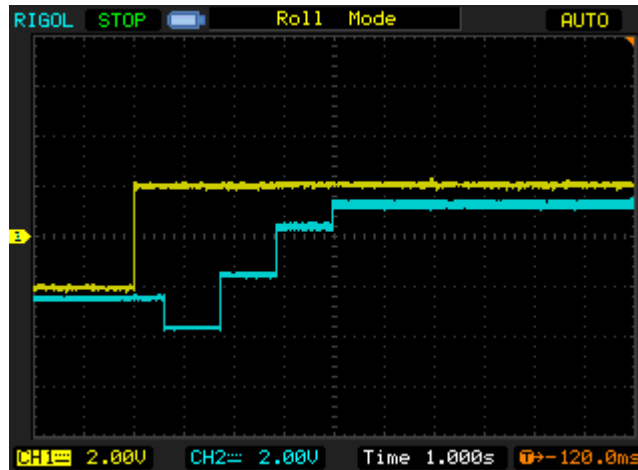
۴- بر روی ماژول RN-E302 سلکتور KP را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KP را روی ۳۳/۳ کیلو اهم قرار دهید .

۵- بر روی ماژول RN-E303 سلکتور KI را بر روی وضعیت ۱× و ولوم KI را در حد صفر اهم قرار دهید .

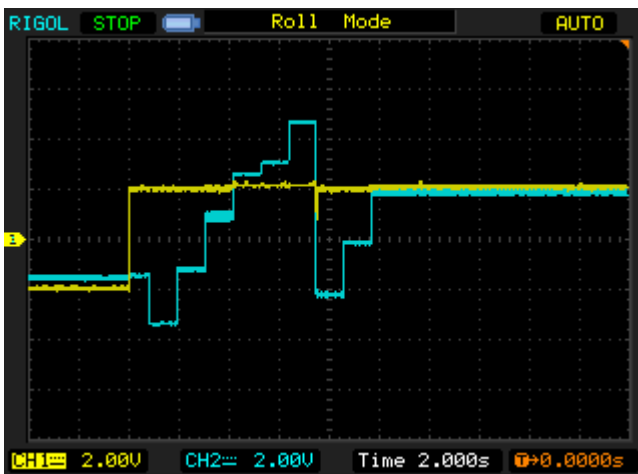
۶- بر روی ماژول RN-E304 ولوم KD را در حد صفر اهم قرار دهید .

شرکت بین المللی الکترونیک رایان نیک
راهنمای استفاده از مجموعه آموزشی کنترل خطی مدل RN-LCT

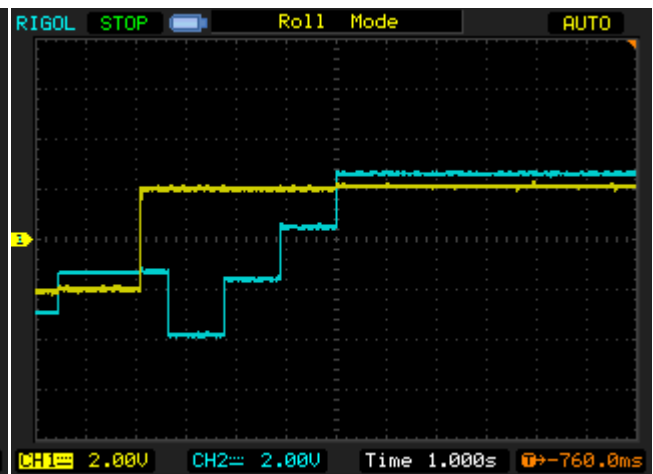
۷- با اسیلوسکوپ خروجی پین سمت راست ماژول RN-E312 و خروجی VO در ماژول RN-E315 را اندازه گیری و ثبت نمایید .



۸- مراحل قبلی آزمایش را با مقدار K_P های ۷۰ کیلو اهم و ماکزیمم مقدار نیز تکرار نمایید و نتایج را ثبت و بررسی نمایید .



$K_P=MAX$



$K_P=70K$