Last name **Name** **student ID No.:**

PC No. ___________

Section 4: STABILITY OF LINEAR DYNAMIC SYSTEMS

A dynamic process has the following linear system transfer function (TF):

$$G_p(s) = \frac{\frac{n-0.05}{n+0.05}}{\left(s+1.25\frac{n-0.05}{n+0.05}\right)\left(s+12.5\frac{n-0.05}{n+0.05}\right)(s+p)^2}$$

where:

n = PC No. **50**
p is a parametric **pole**

I. What is the **classification** you give to this type of TF?
E' una TF razionale.

II. Is this an **inverse response** system?
È un sistema stabile, quindi, a fase minima se:
- ha guadagno positivo
- è priva di tempo morto
- tutti i poli di G(s) hanno parte reale negativa o nulla
- tutti gli (eventuali) zeri di G(s) hanno parte reale negativa o nulla

Se queste ipotesi non sono verificate allora è un inverse response system.
In tal caso abbiamo:
k =

0.0641
Che il Guadagno della funzione di trasferimento è positive; che è priva di tempo morto;
p =

-12.4750
-1.2475
1.0000 + 0.0000i
1.0000 - 0.0000i
I poli non hanno tutti parte reale negativa o nulla e non sono presenti 0.
Quindi possiamo concludere che il Sistema è a risposta inversa.

Commentato [MM(1]: MANCA strettamente propria del quarto ordine

Commentato [MM(2]: COME FA AD OTTENERE I POLI se non ha assegnato il par. p ??'

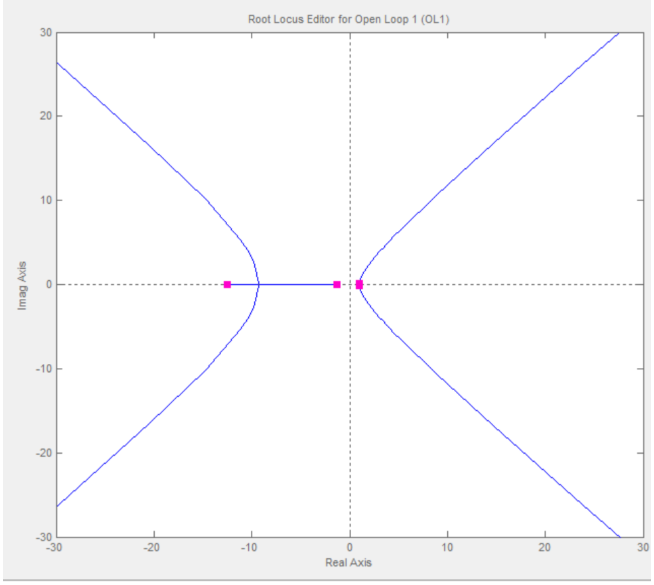
Commentato [MM(3]: GRAVE ERR

Part A: *Root locus*

For the **dynamic system** $G_p(s)$, by using as much as possible the Matlab or SisoTool resources, answer here the following questions.

Choose a real negative value for p

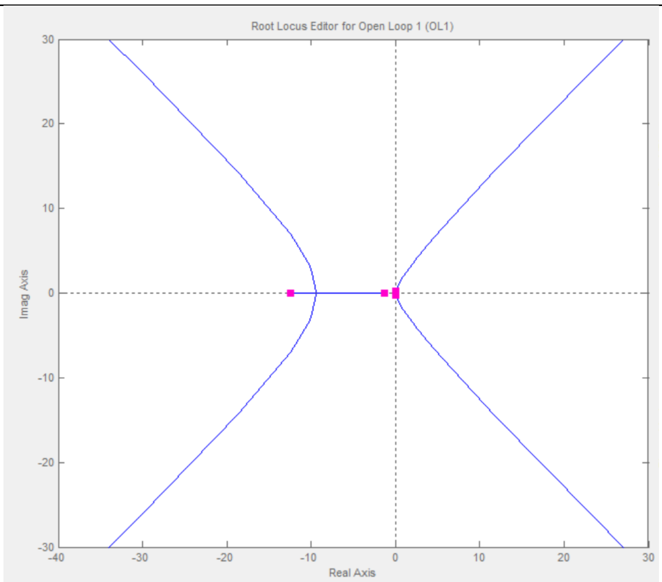
1. Plot the *root locus* by means of Matlab or SisoTool resources and attach it here



In questo caso ho scelto p=-1

Choose a null value for p

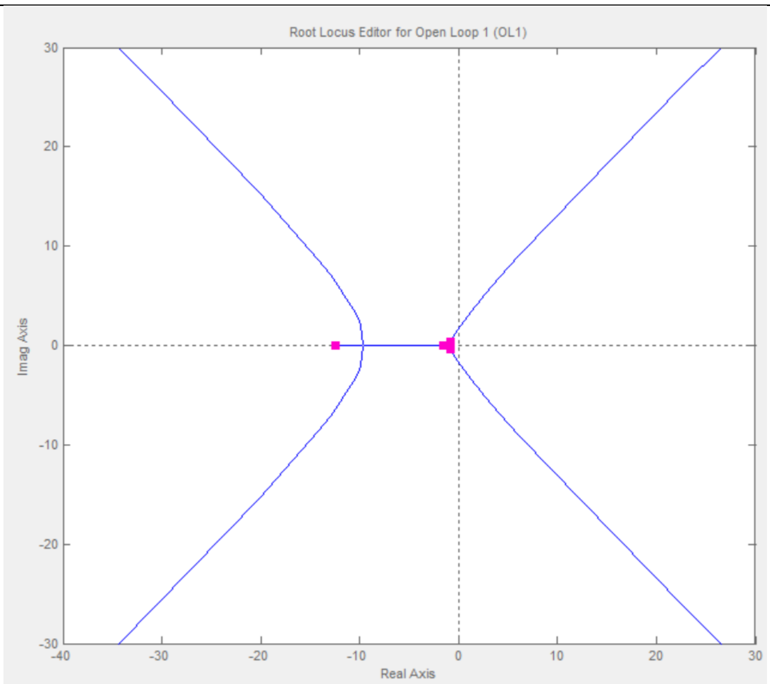
2. Plot the *root locus* by means of Matlab or SisoTool resources and attach it here



Ho scelto p=0

Choose a real positive value for p

3. Plot the *root locus* by means of Matlab or SisoTool resources and attach it here

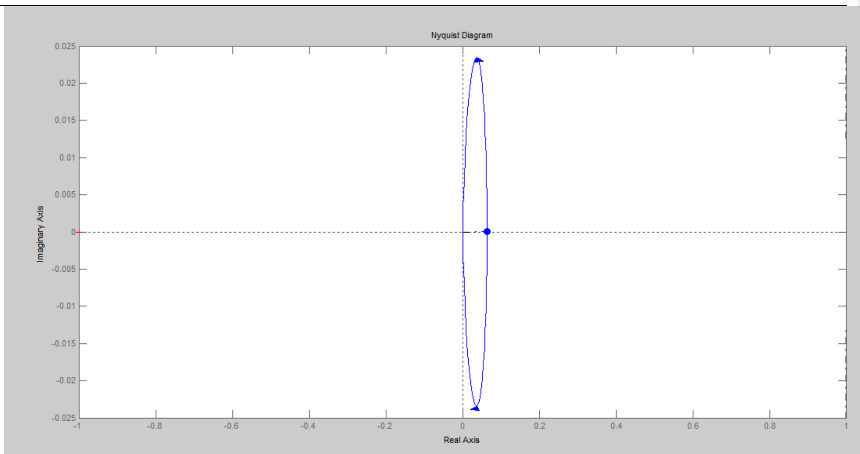


Ho scelto p=+1

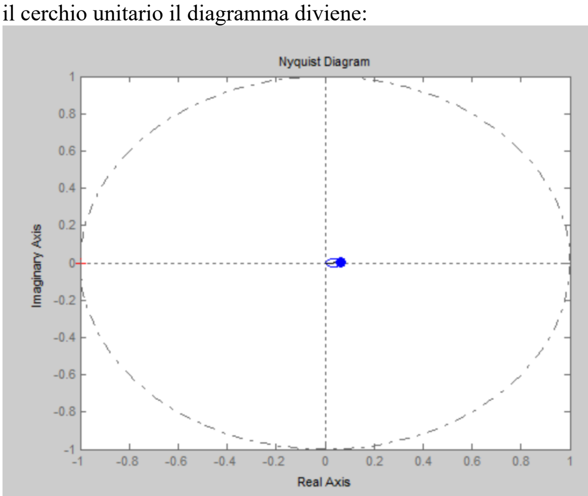
Part B: Frequency response

For the **dynamic system** $G_p(s)$, by using as much as possible the Matlab or SisoTool resources, answer here the following questions:
I valori scelti per il parametro p sono i medesimi del caso precedente.

1) Plot the **extended Nyquist Diagram** *together with the unit circle and the Peak Response*, attach it here and comment it



Il centro unitario non viene visualizzato a causa dei limiti presenti sugli assi. Per visualizzare il cerchio unitario il diagramma diviene:



2) Check, on the base of the **Nyquist** stability criterion, if the above system is closed-loop stable

Il criterio generale di stabilità di Nyquist afferma che il sistema ad anello chiuso è asintoticamente stabile se e solo se quando w (la pulsazione) è fatta variare da $-\infty$ a $+\infty$, il diagramma polare completo della funzione di trasferimento ad anello aperto Gol(jw) (diagramma di Nyquist) soddisfa contemporaneamente tutte le seguenti condizioni:
1)Non intercetta il punto (-1+j0);
2)Gira intorno al punto (-1+j0) tante volte in senso antiorario quant'è il numero di poli aventi parte reale positiva nella funzione di trasferimento ad anello aperto Gol(jw);
3)Conta tanti mezzi giri nella direzione di rotazione antioraria, anche senza circondare il punto (-1+j0), quant'è il numero dei poli puramente immaginari.

Commentato [MM(4]: Formulazione SUPERATA dal concetto di CHIUSURA ALL'INFINITO !!!

In questo caso abbiamo che i poli della funzione sono:
p0 =

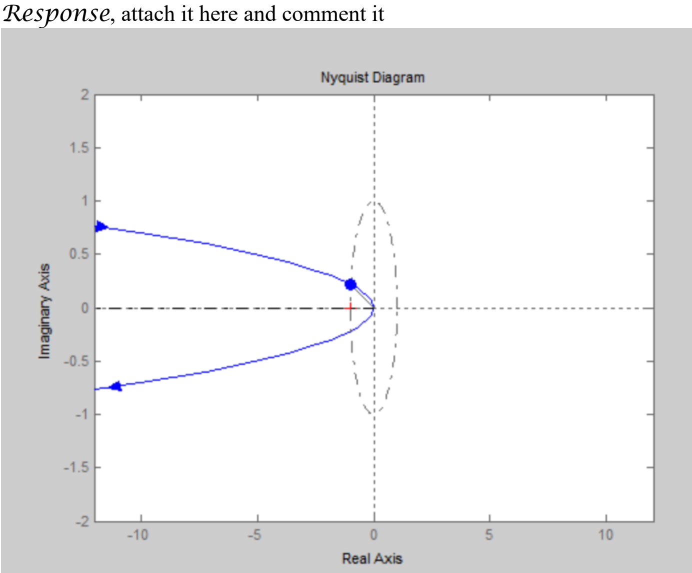
-12.4750
-1.2475
1.0000 + 0.0000i
1.0000 - 0.0000i

In tal caso il punto 2) non è rispettato dato che la funzione non gira intorno al punto critico della funzione (-1,j0) quindi il Sistema risulta instabile.

Commentato [MM(5]: OK

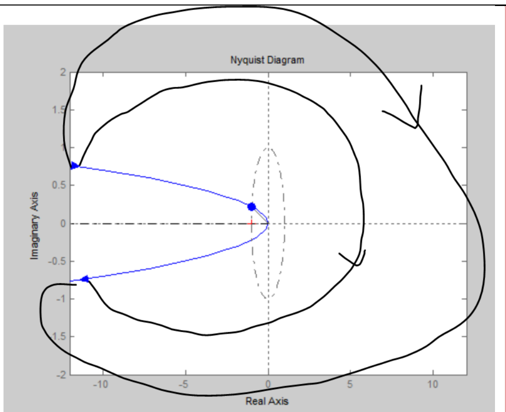
Choose a null value for p

3) Plot the **extended Nyquist Diagram** *together with the unit circle and the Peak Response*, attach it here and comment it



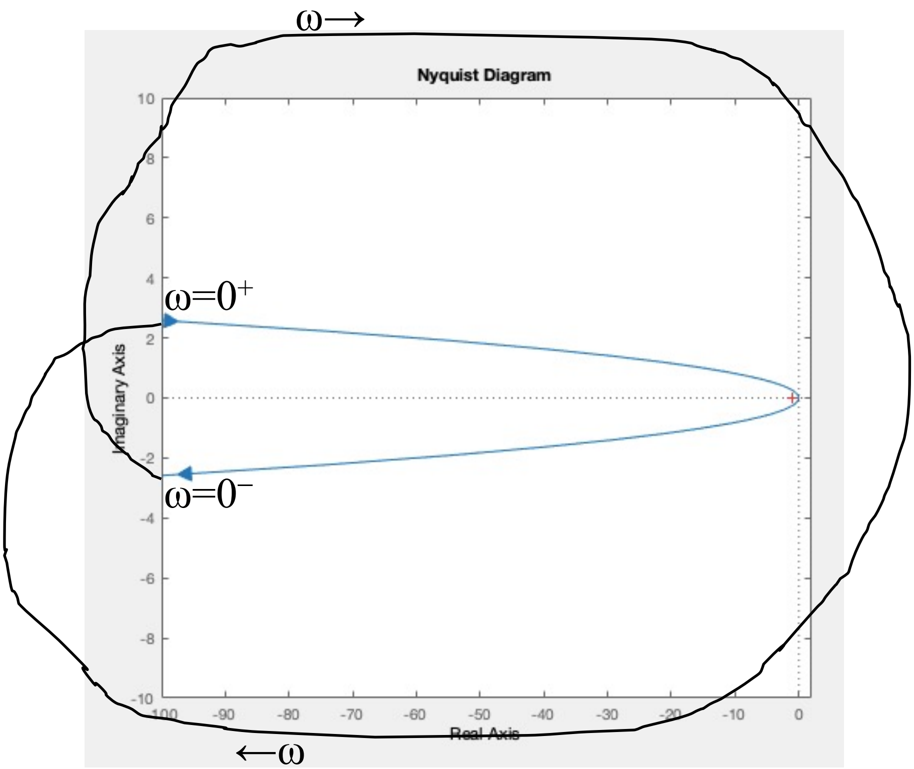
Questo diagramma necessita della chiusura ad infinito: consiste in una rotazione di pigreco in senso orario con un raggio infinito, per ogni polo con parte reale nulla.
p =

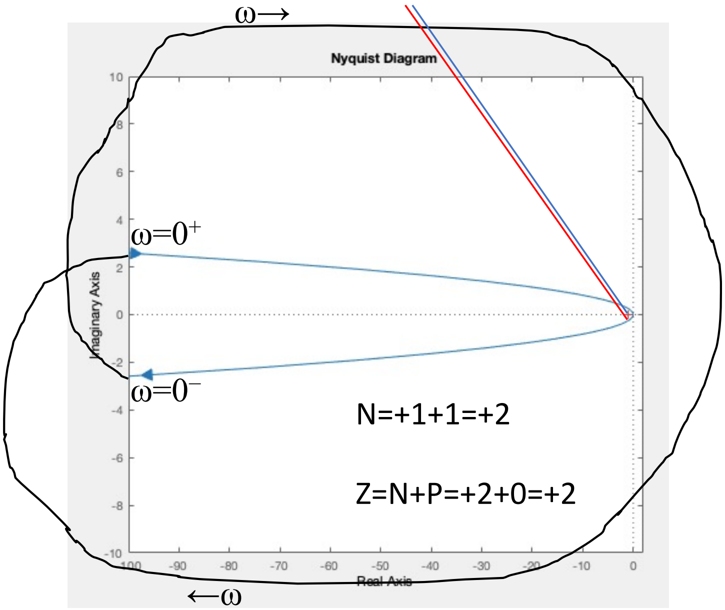
0
0
-12.4750
-1.2475



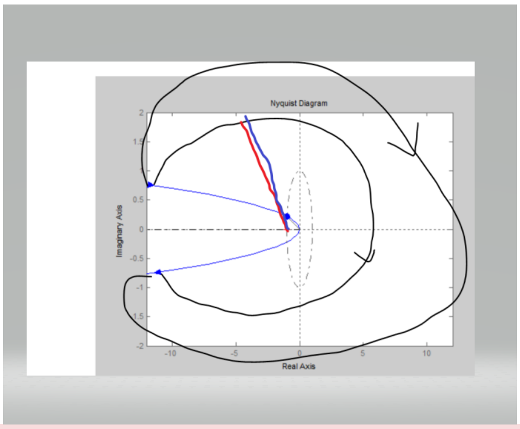
2π clockwise at infinity from $\omega = 0^-$ to $\omega = 0^+$

Commentato [MM(6]: ERR





4) Check, on the base of the **Nyquist** stability criterion, if the above system is closed-loop stable
Ora se quando faccio la chiusura all'infinito e circondo il punto -1,0 allora devo tracciare le due rette rossa e blu e devo vedere se interseco la retta di sx vale +1 se invece la interseco da dx vale -1 e quindi poi devo fare la somma dei giramenti: Z=N+P dove P è il numero di poli con parte reale positiva o nulla N è il -1 o il +1. Se Z=0 allora è stabile, se Z è diverso da 0 allora è instabile



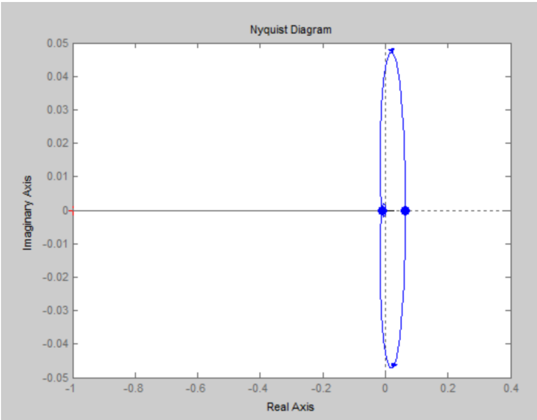
Nel seguente caso N=-1 dato che incontriamo prima la retta rossa, mentre P=2 quindi Z=-1+2=1. Il Sistema risulta quindi instabile.

Commentato [MM(7]: ERR

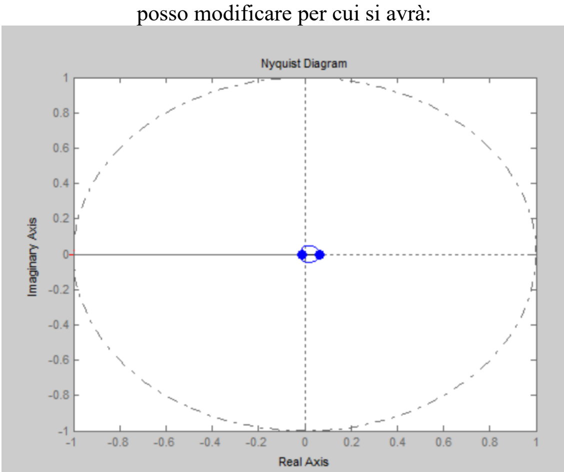
Inoltre, NON è vero P=2

Choose a real positive value for p

5) Plot the **extended Nyquist Diagram** *together with the unit circle and the Peak Response*, attach it here and comment it



Anche in tal caso il cerchio unitario non viene visualizzato a causa dei limiti sugli assi, che posso modificare per cui si avrà:



6) Check, on the base of the **Nyquist** stability criterion, if the above system is closed-loop stable

Il criterio generale di stabilità di Nyquist afferma che il sistema ad anello chiuso è asintoticamente stabile se e solo se quando w (la pulsazione) è fatta variare da $-\infty$ a $+\infty$, il diagramma polare completo della funzione di trasferimento ad anello aperto Gol(jw) (diagramma di Nyquist) soddisfa contemporaneamente tutte le seguenti condizioni:
1)Non intercetta il punto (-1+j0);

2)Gira intorno al punto (-1+j0) tante volte in senso antiorario quant'è il numero di poli aventi parte reale positiva nella funzione di trasferimento ad anello aperto Gol(jw);
3)Conta tanti mezzi giri nella direzione di rotazione antioraria, anche senza circondare il punto (-1+j0), quant'è il numero dei poli puramente immaginari.
In tal caso i poli della funzione sono:
p =

-12.4750
-1.2475
-1.0000
-1.0000
Quindi il Sistema risulta asintoticamente stabile.

Commentato [MM(8]: OK

Consider the 3 different choices made for the parametric **pole** and discuss:

7) which is the resulting $G_p(s)$ that is more prone to closed loop instability

Transfer function:
0.998
----
s^4 + 11.72 s^3 - 10.88 s^2 - 17.4 s + 15.5

Commentato [MM(9]: NON CHIARO, ma suppongo p= -1

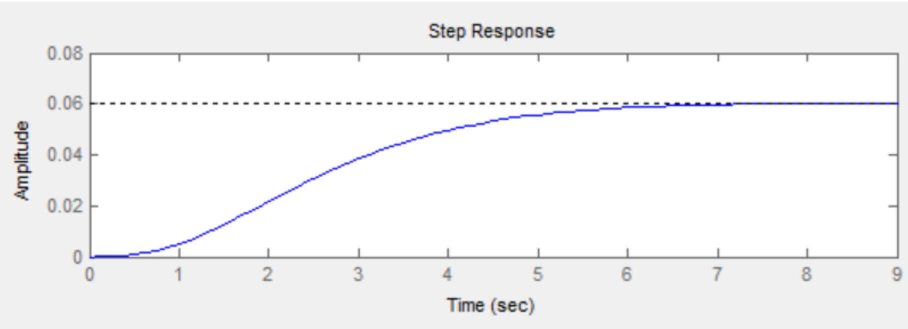
8) Explain why

Sia dal root locus che dai diagrammi di Nyquist possiamo vedere che il Sistema risulta instabile, I criteri infatti non vengono rispettati.

Part C: Dynamic responses in the time domain

For the **dynamic system** $G_p(s)$ that allows for closed loop stability as much as possible:

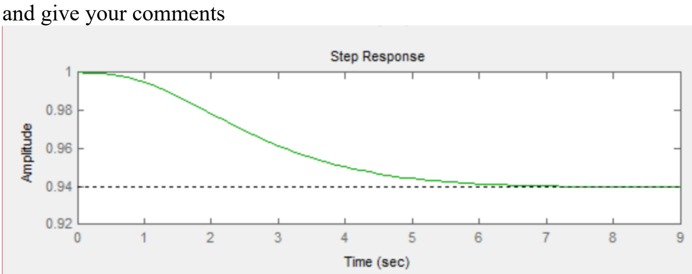
a) Plot the **open loop response** to a unit step **input** change**,** attach it here and give your comments



Il sistema presenta una variazione per valori del tempo inferiori a 5 secondi, in particolare si ha una risposta crescente che poi si stabilizza, quindi raggiunge una condizione di stato stazionario per tempi superiori a 5 secondi; il sistema è quindi autoregolante.

Commentato [MM(10]: MANCA
qual è la scelta per p

b) Plot the **closed loop response** $y_d(t)$ to a unit step **input** change in **disturbance,** attach it here and give your comments



Anche abbiamo una variazione per tempi inferiori a 5 secondi, ma in tal caso si ha una risposta decrescente che poi raggiunge una condizione di stato stazionario per tempi maggiori di 5 secondi.

Commentato [MM(11]: MANCA
qual è la scelta per p

c) Calculate the value of the **closed loop response** $y_d(t)$ at a time just equal to twice the smallest time constant in $G_p(s)$

Commentato [MM(12]: MANCA

Part D:

= = =