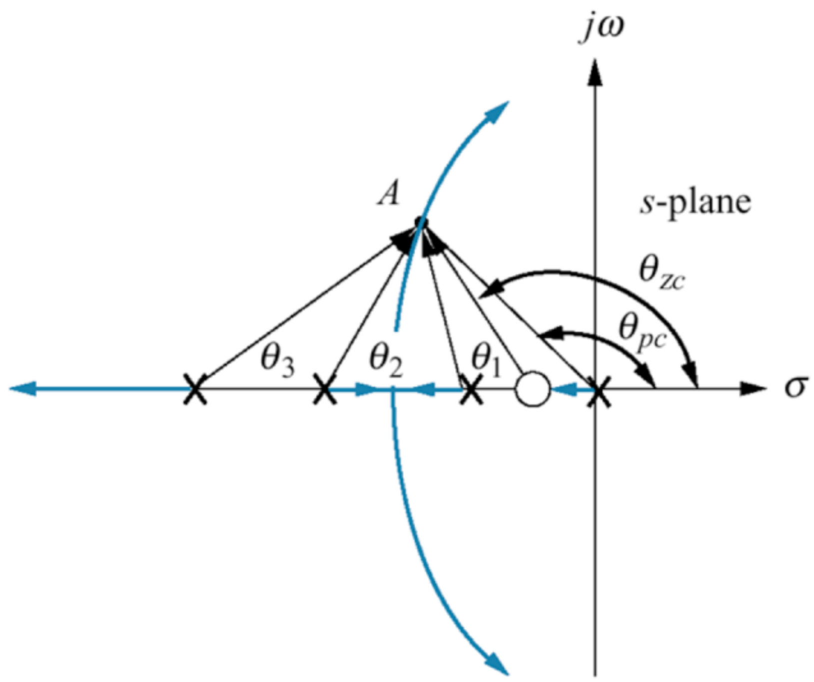
Cuidados em cálculo de ângulos associados com Contribuição Angular no Rl:

Reparem como são calculados os ângulos:



$$-\theta_1 - \theta_2 - \theta_3 - \theta_{pc} + \theta_{zc} \cong (2k+1)180°$$

Note como é definida a regra que confirma que certo ponto (pólo de malha fechada na posição desejada) pertence a uma curva do RL:

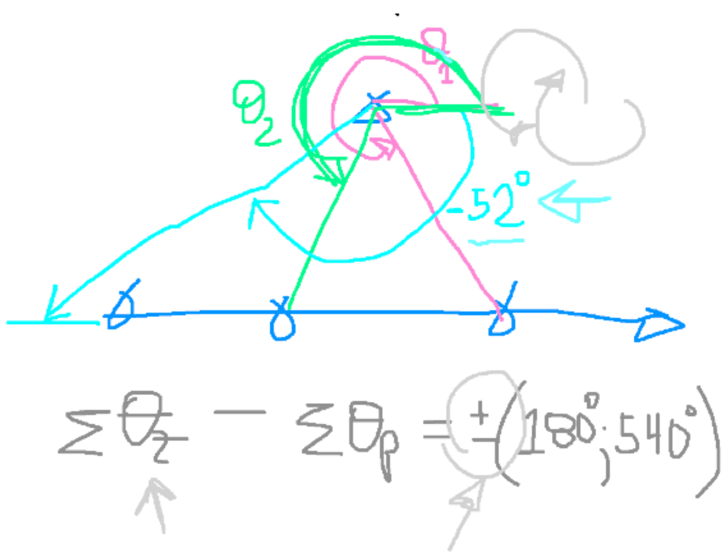
$$\sum \theta_{Zeros} - \sum \theta_{Polos} = \pm\,(2k+1)180^o \qquad (1)$$

Isto significa que a contribuição angular resultante do somatório dos ângulos dos zeros menos o somatório dos ângulos dos pólos deve gerar um número ímpar associado com os 180^o, ou seja, o resultado das contribuições angulares deve resultar no ângulo de:

$\pm 180^o\ [\pm(2\underbrace{k}_{0}+1)180^o]$, ou

$\pm 540^o\ [=\pm(2\underbrace{k}_{1}+1)180^o]$

Ou, na forma de um gráfico "rudimentar" (figura ao lado).



Note que o termo "±" gera variações no momento de calcular um ângulo.

Por exemplo, no caso do projeto do PD para a planta de 3a-ordem que não possui zeros, o único ângulo referente a um zero é do próprio zero do PD que está sendo buscado. A equação (1) fica então como:

$\theta_{z_{PD}} - \sum \theta_{Polos} = \pm\, 180^o$, isolando o termo θ_{p_z} , teremos:

$\theta_{zPD} = \pm\, 180^o + \sum \theta_{Polos}$ e na continuação:

$$\theta_{zPD} = 180^o + \sum \theta_{Polos} \qquad (2a)$$

$$\theta_{zPD} = \sum \theta_{Polos} - 180^o \qquad (2b)$$

Note que para encontrar o valor do ângulo do zero do PD você pode optar pela eq. (2a) ou (2b). O resultado no gráfico deve ser o mesmo, independente da equação usada.

Mas… você ainda deve tomar algum cuidado quando finaliza o cálculo para determinação da posição do zero do PD. A eq (2a) ou (2b) vai lhe permitir identificar o ângulo que o zero do PD deveria ter em relação aos pólos malha fechada.

Para calcular a posição deste zero você pode fazer:

sigma_pd = sigma - (omega/tan(pi - th_c)) (3)

Onde: omega é a parte imaginária do pólo de MF desejado; th_c é o resultado obtido através da aplicação da eq. (2a) ou (2b); sigma é a parte real do pólo de MF desejado; e sigma_pd corresponde então à localização final do zero do PD.

Recomenda-se atenção com os sinais adotados para os termos explicados anteriormente e seu impacto no resultado final.

Por exemplo:

```
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
sum_th_p =

    4.0552

>> sum_th_p*180/pi

ans =

  232.3460

>> th_c=sum_th_p-pi

th_c =

    0.9136

>> th_c*180/pi

ans =

   52.3454

>> sigma_pd=sigma-(omega/tan(pi-th_c))

sigma_pd =

    3.7128
>> num2=[1 sigma_pd];

                                      Ln 85, Col 1
```

Note que a variável “sum_th_p” ser refere ao somatório dos ângulos formados pelos pólos na FTMA(s) deste sistema (4,0552 radianos ou 232,346 graus).

A linha “th_c=sum_th_p-pi” está aplicando (corretamente) a equação (2b) e foi encontrado o valor: “th_c” = 0,9136 radianos ou 52,3454 graus. Até este ponto não existe nenhum erro.

Não tenho acesso ao valor do “sigma" e “omega" usados originalmente, mas… a determinação de onde deveriam estar os pólos de MF deste sistema para $\%\,OS = 20\,\%$ e $t_s = 2{,}7$ (segundos), leva à: pólos de MF na posição:
$s = -\,1.48148 \pm j2.89182$

Ou

sigma = -1.4815

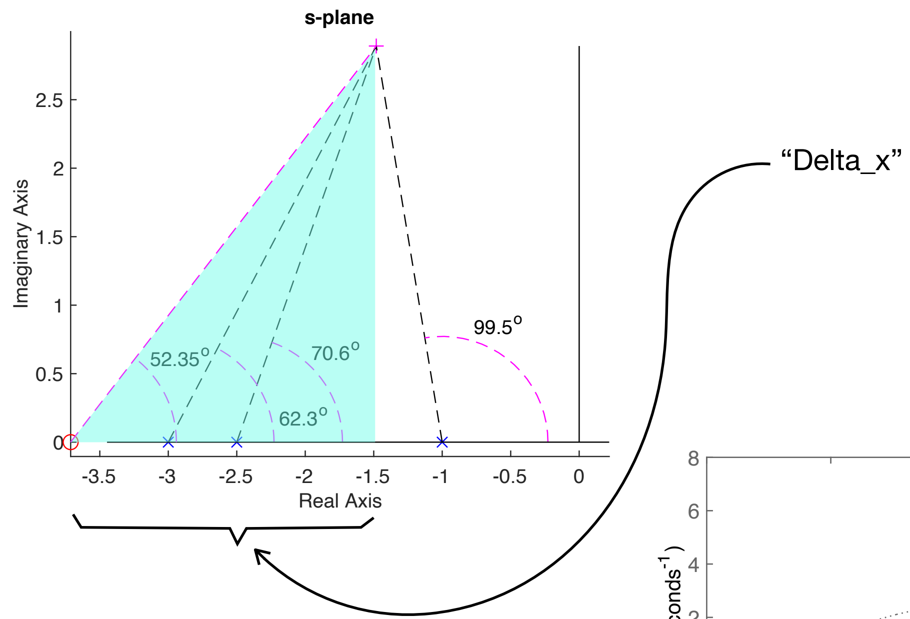
omega = 2.8918

Então será considerado sum_th_c = $232{,}35^o$ (= 4.0552 radianos) o que leva à:

Realizado	O que poderia ser realizado também:
>> th_c=sum_th_p-pi th_c = 0.9136 >> th_c*180/pi ans = 52.3458	Ok
sigma = + 1.4815	sigma = - 1.4815
Note o que ocorre:	
>> sigma_pd = sigma - (omega/tan(pi - th_c)) sigma_pd = 3.7128	>> sigma_pd=sigma-(omega/tan(th_c-pi)) sigma_pd = -3.7128
Note a sutil diferença nas 2 equações acima:	
$\sigma_{PD} = \sigma - \dfrac{\omega}{\tan(180^o - \theta_c)}$	$\sigma_{PD} = \sigma - \dfrac{\omega}{\tan(\theta_c - 180^o)}$
O termo “omega/tan(pi-th_c) = “Delta_x" resulta em:	
>> omega/tan(pi-th_c) ans = -2.2314	>> omega/tan(th_c-pi) ans = 2.2314

Comparando-se os resultados obtidos, com excessão do sinal do termo “sigma_pd”, o valor alcançando resulta no mesmo.

Importante notar que o cálculo da contribuição angular faça sentido:



E que o RL no momento de sintonizar o controlador, passe realmente sobre os pólos de MF desejados: