A. 阶跃函数 $r(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ A & t\geq 0\end{cases}$

斜坡函数 $r(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ At & t\geq 0\end{cases}$

抛物线函数 $r(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ \frac{1}{2}At^2 & t\geq 0\end{cases}$

脉冲函数 $r(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ \dfrac{A}{z} & 0\leq t\leq \varepsilon\\ 0 & t>\varepsilon\end{cases}$

正弦函数 $r(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ A\sin\omega t & t\geq 0\end{cases}$

B. 典型环节的传递函数

比例环节 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=K$

惯性环节(非周期环节) $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{K}{Ts+1}$

积分环节 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{1}{T_i s}$

微分环节 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=T_d s$

二阶振荡环节(二阶惯性环节)

$$G(s)=\frac{K\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$$

延迟环节 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=e^{-\tau s}$

C. 环节间的连接

串联 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{X_1(s)}{R(s)}\cdot\dfrac{X_2(s)}{X_1(s)}\cdots\dfrac{C(s)}{X_{n-1}(s)}$

$=G_1(s)G_2(s)\cdots G_n(s)$

并联 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{C_1(s)+C_2(s)+\cdots+C_n(s)}{R(s)}$

$=G_1(s)+G_2(s)+\cdots+G_n(s)$

反馈 开环传递函数= $\dfrac{B(s)}{E(s)}=G(s)H(s)$

前向通道传递函数= $\dfrac{C(s)}{E(s)}=G(s)$

负反馈闭环传递函数

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

正反馈闭环传递函数

$$\Phi(s)=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{G(s)}{1-G(s)H(s)}$$

D. 梅逊增益公式 $T=\dfrac{\sum P_k\Delta_k}{\Delta}$

E. 劳斯判据

劳斯表中第一列所有元素均大于零

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	……
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	……
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	……
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3	c_4	……
…	…	…			
s^2	f_1	f_2			
s^1	g_1				
s^0	h_1				

$$b_1=\frac{\begin{vmatrix}a_0 & a_2\\ a_1 & a_3\end{vmatrix}}{-a_1},b_2=\frac{\begin{vmatrix}a_0 & a_4\\ a_1 & a_5\end{vmatrix}}{-a_1},b_3=\frac{\begin{vmatrix}a_0 & a_6\\ a_1 & a_7\end{vmatrix}}{-a_1},\cdots$$

$$c_1=\frac{\begin{vmatrix}a_1 & a_3\\ b_1 & b_2\end{vmatrix}}{-b_1},c_2=\frac{\begin{vmatrix}a_1 & a_5\\ b_1 & b_3\end{vmatrix}}{-b_1},c_3=\frac{\begin{vmatrix}a_1 & a_7\\ b_1 & b_4\end{vmatrix}}{-b_1},\cdots$$

劳斯表中某一行的第一个元素为零而该行其它元素不为零，ε →0；

劳斯表中某一行的元素全为零。

$P(s)=2s^4+6s^2-8$。

F. 赫尔维茨判据

特征方程式的所有系数均大于零。

$$\Delta=\begin{vmatrix}a_1 & a_0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots\cdots\\ a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & 0 & 0 & \cdots\cdots\\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & \cdots\cdots\\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & \cdots\cdots\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & a_n\end{vmatrix}$$

$\Delta_1=a_1>0$

$\Delta_2=\begin{vmatrix}a_1 & a_0\\ a_3 & a_2\end{vmatrix}=a_1a_2-a_0a_3>0$

$\Delta_3=\begin{vmatrix}a_1 & a_0 & 0\\ a_3 & a_2 & a_1\\ a_5 & a_4 & a_2\end{vmatrix}>0$

$\vdots$

$\Delta_n=\Delta>0$

G.误差传递函数

$$\Phi_{er}(s)=\frac{E(s)}{R(s)}=\frac{1}{1+G(s)H(s)}$$

扰动信号的误差传递函数

$$\Phi_{en}(s)=\frac{E_n(s)}{N(s)}=-\frac{G_2(s)H(s)}{1+G_1(s)G_2(s)H(s)}$$

H.静态误差系数

单位 输入形式	稳态误差 e_{ss}		
	0 型	II 型	III型
阶跃 1(t)	1/1+Kp	0	0
斜坡 t·1(t)	∞	1/Kv	0
加速度 $0.5t^2$·1（t）	∞	∞	1/Ka

$$e_{ss}=\lim_{s\to 0} s\frac{1}{1+G(s)H(s)}R(s)$$

I.二阶系统的时域响应：

其闭环传递函数为 $\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$

或 $\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{1}{T^2s^2+2\zeta Ts+1}$

系统的特征方程为

$$D(s)=s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2=0$$

特征根为 $s_{1,2}=-\zeta\omega_n\pm\omega_n\sqrt{\zeta^2-1}$

上升时间 t_r $\quad t_r=\frac{\pi-\beta}{\omega_d}=\frac{\pi-\beta}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$

其中 $\beta=arctg\sqrt{1-\zeta^2}/\zeta$

峰值时间 t_p $\quad t_p=\frac{\pi}{\omega_d}=\frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$

最大超调量 M_p

$$M_p=\frac{h(t_p)-h(\infty)}{h(\infty)}=\exp\left(-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)\times 100\%$$

调整时间 t_s

a.误差带范围为 ±5% $\quad t_s=\frac{3}{\zeta\omega_n}$

b.误差带范围为± 2% $\quad t_s=\frac{4}{\zeta\omega_n}$

振荡次数 N $\quad N=\frac{t_s}{T_d}=\frac{t_s}{2\pi/\omega_d}=\frac{\omega_d t_s}{2\pi}$

J.频率特性： $G(j\omega)=\frac{\dot{C}_{ss}}{\dot{R}}=\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$

还可表示为：$G(j\omega)=p(\omega)+j\vartheta(\omega)$

$p(\omega)$——为 $G(j\omega)$的实部，称为实频特性；

$\vartheta(\omega)$——为 $G(j\omega)$的虚部，称为虚频特性。

显然有：

$$\left.\begin{aligned}p(\omega)&=A(\omega)\cos\varphi(\omega)\\ \theta(\omega)&=A(\omega)\sin\varphi(\omega)\\ A(\omega)&=\sqrt{p^2(\omega)+\theta^2(\omega)}\\ \varphi(\omega)&=arctg\frac{\theta(\omega)}{p(\omega)}\end{aligned}\right\}$$

K.典型环节频率特性：

1. 积分环节

积分环节的传递函数：$G(s)=\frac{1}{s}$

频率特性：$G(j\omega)=\frac{1}{j\omega}=\frac{1}{\omega}e^{-j\frac{\pi}{2}}$

幅频特性：$A(\omega)=\frac{1}{\omega}$

相频特性：$\varphi(\omega)=-\frac{\pi}{2}$

对数幅频特性：$L(\omega)=20\lg A(\omega)=-20\lg\omega$

2. 惯性环节

惯性环节的传递函数：$G(s)=\frac{1}{Ts+1}$

频率特性：

$$G(j\omega)=\frac{1}{1+j\omega T}=\frac{1}{\sqrt{1+(\omega T)^2}}e^{-jarctg\cdot\omega T}=\frac{1}{1+\omega^2T^2}-j\frac{\omega T}{1+\omega^2T^2}$$

幅频特性：$A(\omega)=\frac{1}{\sqrt{1+\omega^2T^2}}$

相频特性：$\varphi(\omega)=-arctg\,\omega T$

实频特性：$p(\omega)=\frac{1}{1+\omega^2T^2}$

虚频特性：$\theta(\omega)=-\frac{T\omega}{1+\omega^2T^2}$

对数幅频特性：

$$L(\omega)=20\lg A(\omega)=-20\lg\sqrt{1+\omega^2T^2}$$

对数相频特性：$\varphi(\omega)=-arctg\,\omega T$

3. 微分环节

纯微分环节的传递函数 *G*(*s*)=*s*

频率特性：$G(j\omega)=j\omega=\omega e^{j\frac{\pi}{2}}$

幅频特性：$A(\omega)=\omega$

相频特性：$\varphi(\omega)=\frac{\pi}{2}$

对数幅频特性：$L(\omega)=20\lg A(\omega)=20\lg\omega$

4. 二阶振荡环节

二阶振荡环节的传递函数：

$$G(s)=\frac{1}{T^2s^2+2\zeta Ts+1}$$

频率特性：$G(j\omega)=\frac{1}{(j\omega T)^2+j2\zeta T\omega+1}$

幅频特性：$A(\omega)=\frac{1}{\sqrt{(1-T^2\omega^2)^2+(2\zeta\omega T)^2}}$

相频特性：$\varphi(\omega)=-arctg\,\frac{2\zeta\omega T}{1-T^2\omega^2}$

实频特性：$p(\omega)=\frac{1-T^2\omega^2}{(1-T^2\omega^2)^2+(2\zeta\omega T)^2}$

虚频特性：$\theta(\omega)=-\frac{2\zeta T\omega}{(1-T^2\omega^2)^2+(2\zeta\omega T)^2}$

对数幅频特性：

$L(\omega)=20\lg A(\omega)=-20\lg\sqrt{(1-T^2\omega^2)^2+(2\zeta\omega T)^2}$

5. 比例环节

比例环节的传递函数：*G*(*s*)=*K*

频率特性：$G(j\omega)=K$

幅频特性：$A(\omega)=K$

相频特性：$\varphi(\omega)=0$

对数幅频特性：$L(\omega)=20\lg A(\omega)=20\lg K$

6. 滞后环节

滞后环节的传递函数：$G(s)=e^{-\tau s}$

式中 ——τ 滞后时间

频率特性：$G(j\omega)=e^{-j\omega\tau}$

幅频特性：$A(\omega)=1$

相频特性：$\varphi(\omega)=-\tau\omega(rad)=-57.3\omega\tau(^{\circ}C)$

对数幅频特性：$L(\omega)=20\lg A(\omega)=0\,dB$

L.增益裕量： $K_g=\frac{1}{\left|G(j\omega_g)H(j\omega_g)\right|}$

式中*ωg* 满足下式∠*G* (j*ωg*) *H*(j*ωg*)= -180°

增益裕量用分贝数来表示:

Kg=-20lg|*G*(j*ωg*)*H*(j*ωg*)|dB

相角裕量：定义：使系统达到临界稳定状态，尚可增加的滞后相角 ，称为系统的相角裕度或相角裕量，表示为 $\gamma=180°+\psi$（ωc）

M.由开环频率特性求取闭环频率特性

开环传递函数 *G*(*s*)，系统的闭环传递函数

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

系统的闭环频率特性

$$M(j\omega)=\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}=\frac{G(j\omega)}{1+G(j\omega)}$$

N.闭环频域性能指标与时域性能指标的关系

二阶系统的**闭环传递函数**为

$$\phi(s)=\frac{\omega_n^{\ 2}}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^{\ 2}}$$

系统的**闭环频率特性**为

$$\phi(j\omega)=\frac{\omega_n^{\ 2}}{(j\omega)^2+j2\zeta\omega_n\omega+\omega_n^{\ 2}}$$

系统的**闭环幅频特性**为

$M($

系统的**闭环相频特性**为

$$\varphi(\omega)=-arctg\,\frac{2\zeta\omega_n\omega}{\omega_n^{\ 2}-\omega^2}$$

二阶系统的**超调量 *Mp***

$$M_p=e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}}\times100\%$$

谐振峰值 *Mr* $M_r=\frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$

由此可看出，谐振峰值 *Mr* 仅与阻尼比ζ有关，超调量 *Mp* 也仅取决于阻尼比 ζ

谐振频率ω_r 与峰值时间 tp 的关系

$$t_p\omega_r=\frac{\pi\sqrt{1-2\zeta^2}}{\sqrt{1-\zeta^2}}$$

由此可看出，当 ζ为常数时，谐振频率 ω_r 与峰值时间 tp 成反比，ω_r 值愈大，tp 愈小，表示系统时间响应愈快.

低频段对数幅频特性$L_d(\omega)=20\lg K-20\upsilon\lg\omega$