5-6 解题过程：

令 $e_1(t)=\frac{\pi}{\omega_c}\delta(t)$，$e_2(t)=\frac{\sin(\omega_c t)}{\omega_c t}$

$$E_1(j\omega)=\mathscr{F}\left[e_1(t)\right]=\frac{\pi}{\omega_c}$$

$$E_2(j\omega)=\mathscr{F}\left[e_2(t)\right]=\frac{\pi}{\omega_c}\left[u(\omega+\omega_c)-u(\omega-\omega_c)\right]=\begin{cases}\frac{\pi}{\omega_c},|\omega|<\omega_c\\ 0,\text{ 其他}\end{cases}$$

理想低通的系统函数的表达式 $H(j\omega)=\left|H(j\omega)\right|e^{j\varphi(\omega)}$

其中 $\left|H(j\omega)\right|=\begin{cases}1,|\omega|<\omega_c\\ 0,|\omega|\geq\omega_c\end{cases}$ $\quad\varphi(\omega)=-\mathrm{t}_0\omega$

因此有

$$R_1(j\omega)=H(j\omega)E_1(j\omega)=\begin{cases}\frac{\pi}{\omega_c}e^{-\mathrm{t}_0\omega},|\omega|<\omega_c\\ 0,\quad\text{其他}\end{cases}$$

$$R_2(j\omega)=H(j\omega)E_2(j\omega)=\begin{cases}\frac{\pi}{\omega_c}e^{-\mathrm{t}_0\omega},|\omega|<\omega_c\\ 0,\quad\text{其他}\end{cases}$$

$$R_1(j\omega)=R_2(j\omega)$$

则 $\mathscr{F}^{-1}\left[R_1(j\omega)\right]=\mathscr{F}^{-1}\left[R_2(j\omega)\right]$

5-8 解题过程：

记 $f(t)=\frac{\sin\omega_c t}{\pi t}=\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}\cdot\frac{\omega_c}{\pi}$

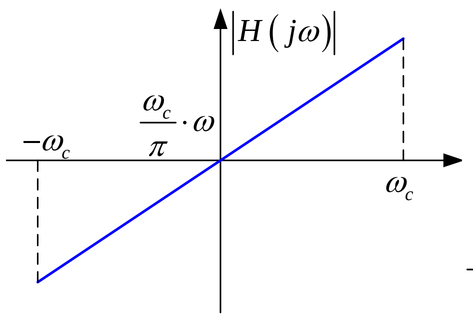
$$F(j\omega)=\mathscr{F}\left[f(t)\right]=\begin{cases}\frac{\pi}{\omega_c},|\omega|<\omega_c\\ 0,\quad|\omega|\geq\omega_c\end{cases}$$

$$H(j\omega)=\mathscr{F}\left[h(t)\right]=\mathscr{F}\left\{\frac{d}{dt}\left[\frac{\sin(\omega_c t)}{\pi t}\right]\right\}$$

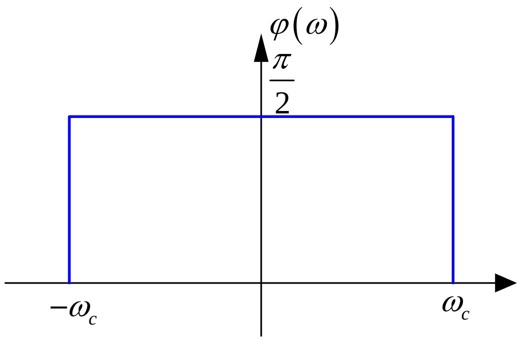
$$=j\omega F(j\omega)=\begin{cases}\frac{\pi}{\omega_c}\cdot j\omega,|\omega|<\omega_c\\ 0,\quad|\omega|\geq\omega_c\end{cases}$$

故 $H(j\omega)=\begin{cases}\dfrac{\omega_c}{\pi}\cdot\omega, & |\omega|<\omega_c\\ 0, & |\omega|\geq\omega_c\end{cases}$ $\qquad \varphi(\omega)=\begin{cases}\dfrac{\pi}{2}, & |\omega|<\omega_c\\ 0, & |\omega|\geq\omega_c\end{cases}$

$|H(j\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 的图形如解图。



幅频响应



相频响应

5-11 解题过程：

由题图 5-11 有 $v_2(t)=\left[v_1(t-T)-v_1(t)\right]*h(t)$

据时域卷积定理有 $V_2(j\omega)=\left[V_1(j\omega)e^{-j\omega T}-V_1(j\omega)\right]H(j\omega)$

（1）$v_1(t)=u(t)$

$$v_2(t)=\left[u(t-T)-u(t)\right]*h(t)$$

由 $h(t)=\mathscr{F}^{-1}\left[H(j\omega)\right]=\dfrac{1}{\pi}Sa(t-t_0)$， $f(t)*u(t)=\int_{-\infty}^{t}f(\lambda)d\lambda$，有

$$\begin{aligned}v_2(t)&=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{t-T}Sa(\lambda-t_0)\,d\lambda-\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{t}Sa(\lambda-t_0)\,d\lambda\\&=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{t-t_0-T}Sa(\lambda')\,d\lambda'-\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{t-t_0}Sa(\lambda'')\,d\lambda''\end{aligned}$$

又知 $S_i(y)=\int_{-\infty}^{y}Sa(x)\,dx$，所有

$$v_2(t)=\frac{1}{\pi}\left[S_i(t-t_0-T)-S_i(t-t_0)\right]$$

（2）$v_1(t)=\dfrac{2\sin\left(\dfrac{t}{2}\right)}{t}=Sa\left(\dfrac{t}{2}\right)$

$$V_1(j\omega)=F\left[v_1(t)\right]=\begin{cases}2\pi & |\omega|<\dfrac{1}{2}\\ 0 & \text{其他}\end{cases}$$

则 $V_2(j\omega)=V_1(j\omega)H(j\omega)\left(e^{-j\omega T}-1\right)=\begin{cases}2\pi e^{-j\omega t_0}\left(e^{-j\omega T}-1\right) & |\omega|<\frac{1}{2}\\ 0 & \text{其他}\end{cases}$

所以 $v_2(t)=\mathscr{F}^{-1}\left[V_2(j\omega)\right]=Sa\left[\frac{1}{2}(t-t_0-T)\right]-Sa\left[\frac{1}{2}(t-t_0)\right]$

5-18 解题过程：

信号 $g(t)$ 经过滤波器 $H(j\omega)$ 的频谱为

$$G_1(\omega)=G(\omega)H(j\omega)=-j\,\mathrm{sgn}(\omega)G(\omega)$$

信号 $g(t)$ 经过与 $\cos(\omega_0 t)$ 进行时域相乘后频谱为

$$G_2(\omega)=\frac{1}{2}\left[G(\omega+\omega_0)+G(\omega-\omega_0)\right]$$

信号 $g_1(t)$ 经过与 $-\sin(\omega_0 t)$ 进行时域相乘后频谱为

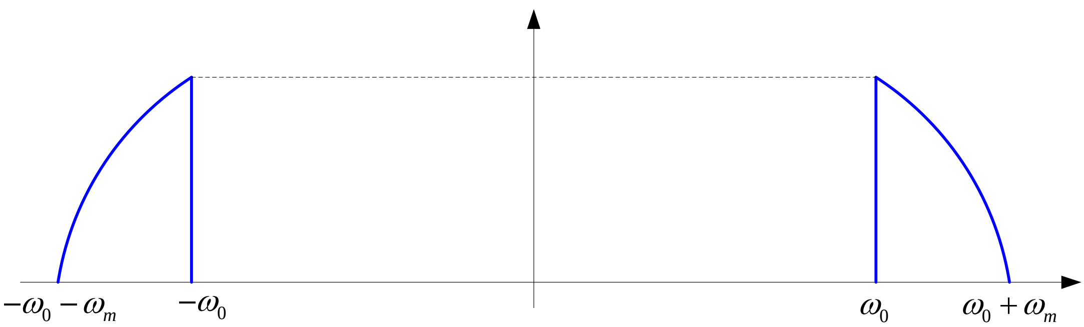
$$\begin{aligned}G_3(\omega)&=-\frac{j}{2}\left[G_1(\omega+\omega_0)-G_1(\omega-\omega_0)\right]\\&=-\frac{1}{2}\left[G(\omega+\omega_0)\mathrm{sgn}(\omega+\omega_0)-G(\omega-\omega_0)\mathrm{sgn}(\omega-\omega_0)\right]\\&=\frac{1}{2}\left[G(\omega-\omega_0)\mathrm{sgn}(\omega-\omega_0)+G(\omega+\omega_0)\mathrm{sgn}(\omega+\omega_0)\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V(\omega)&=G_2(\omega)+G_3(\omega)\\&=\frac{1}{2}\left[G(\omega+\omega_0)+G(\omega-\omega_0)\right]+\frac{1}{2}\left[G(\omega-\omega_0)\mathrm{sgn}(\omega-\omega_0)+G(\omega+\omega_0)\mathrm{sgn}(\omega+\omega_0)\right]\\&=\frac{1}{2}\left\{G(\omega+\omega_0)\left[1-\mathrm{sgn}(\omega+\omega_0)\right]+G(\omega-\omega_0)\left[1+\mathrm{sgn}(\omega+\omega_0)\right]\right\}\end{aligned}$$

又由于 $1+\mathrm{sgn}(\omega-\omega_0)=\begin{cases}2 & (\omega>\omega_0)\\ 0 & (\omega<\omega_0)\end{cases}$

则 $V(\omega)=G(\omega-\omega_0)U(\omega-\omega_0)+G(\omega+\omega_0)U(\omega+\omega_0)$

其图形如图所示



5-20 解题过程：

（1）系统输入信号为$\delta(t)$时，$\delta(t)\cos(\omega_0 t)=\delta(t)$

所以虚框所示系统的冲激响应$h(t)$就是$h_i(t)$

即 $$h(t)=\mathscr{F}^{-1}\left[H_i(j\omega)\right]=\frac{\sin\left[2\Omega(t-t_0)\right]}{\pi(t-t_0)}$$

（2）输入信号与$\cos(w_0 t)$在时域相乘之后

$$e(t)\cos\omega_0 t=\left[\frac{\sin(\Omega t)}{\Omega t}\right]^2\cos^2(\omega_0 t)=\left[\frac{\sin(\Omega t)}{\Omega t}\right]^2\frac{1+\cos(2\omega_0 t)}{2}$$

又由$H_i(j\omega)$的表达式可知$\omega_0\gg\Omega$时，载波为$2\omega_0$的频率成分被滤除

而且 $\varphi(\omega)=-\omega t_0$

故 $$r(t)=\frac{1}{2}\left[\frac{\sin\Omega(t-t_0)}{\Omega(t-t_0)}\right]^2$$

（3）输入信号$e(t)$与$\cos\omega_0 t$在时域相乘之后

$$e(t)\cos\omega_0 t=\left[\frac{\sin\Omega(t)}{\Omega t}\right]^2\sin\omega_0 t\cos\omega_0 t=\left[\frac{\sin\Omega(t)}{\Omega t}\right]^2\cdot\frac{1}{2}\sin(2\omega_0 t)$$

$\omega_0\gg\Omega$时，载波为$2\omega_0$的频率成分被滤除

故 $r(t)=0$

（4）由于理想低通滤波器能够无失真的传输信号，只是时间上的搬移，故理想低通滤波器是线性时变系统；又 $h(t)=h_i(t)$ 所以该系统是线性时变的。