14. Erzeugung orthogonaler Signale.

通信之道、信号调制之简单说明（浅谈）

双边带信号调制后负半轴会占用频谱，所以我们可以用希尔伯特变换得到单边谱信号

$s_{RF+}(t) = [s(t) + j\hat{s}(t)]\cos(w_c t)$

希尔伯特变换是非因果变换，对于模拟电路来说实现难度较大，所以通常不这样做。

IQ调制则是利用了 $\cos wt$, $\sin wt$ 相互正交和频率相同，所以可以同时利用相位和频率将带宽提升两倍。

我们可以证明，用复指数调制后取实部，则可以得到信号

~~Re~~ $[x(t)+jy(t)]e^{jwt}$，取实部 $\longrightarrow$ $x(t)\cos wt - y\sin wt$.

我们还可以证明，任意一个实信号都可以由复信号和复指数调制，也就是说，IQ调制可以用来调制实信号，而我们可以用复信道来等价表达。

所以我们之重点则是以于 [AS] 来获得到 I, Q 信号。

先数学推导一下，$\Rightarrow$ 任意一个实信号 $s_{RF}(t)$ 都可以写成 $s_{RF}(t) = R[s(t)e^{jw_ct}]$，$s(t) = x(t) + jy(t)$

将 $s_{RF}(t) = R[s(t)e^{jw_ct}] = \frac{1}{2}[s(t)e^{jw_ct} + s^*(t)e^{-jw_ct}]$ 做傅里叶变换

$S_{RF}(w) = \frac{1}{2}[S(w-w_c) + S^*(-w-w_c)]$. 其中 $S_{RF}(w) = F[s_{RF}(t)]$, $F(s(t)e^{jw_ct}) = S(w-w_c)$, $F[s^*(t)] = S^*(-w)$

$S^*_{RF}(-w) = S_{RF}(w)$（因为是实信号），所以

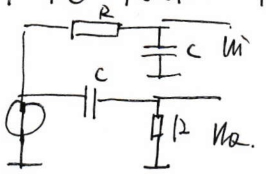
$$\Rightarrow S(w-w_c) = \begin{cases} 0 & w<0 \\ S_{RF}(w) & w=0 \\ 2S_{RF}(w) & w>0 \end{cases} \qquad S^*(-w-w_c) = \begin{cases} 2S_{RF}(w) & w<0 \\ S_{RF}(w) & w=0 \\ 0 & w>0 \end{cases} \Rightarrow S(w) = \begin{cases} 0 & w<-w_c \\ S_{RF}(w+w_c) & w=-w_c \\ 2S_{RF}(w+w_c) & w>-w_c \end{cases}$$

就是把负半轴切掉，再向左移 w_c 就可以了。

如果我们将信道也做这样之变换的话，可以得到 $R_{RF}(w) = \frac{1}{2}[R(w-w_c) + R^*(-w-w_c)]$，$R(w) = \frac{1}{2}S(w)\cdot H(w)$

实际电路，复信号之是与实信号之等价。

1. RC-Netzwerke.



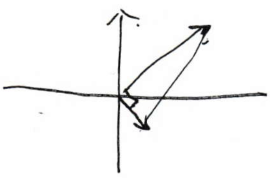
$\frac{U_i}{U_e} = \frac{1}{1+jwRC} = \frac{1}{\sqrt{1+w^2R^2C^2}}(1-jwRC) = \frac{1}{\sqrt{1+w^2R^2C^2}}\exp[\arctan(-wRC)]$

$\frac{U_a}{U_e} = \frac{jwRC}{1+jwRC} = \frac{1}{\sqrt{1+w^2R^2C^2}}(w^2R^2C^2+jwRC) = \frac{wRC}{\sqrt{1+w^2R^2C^2}}\exp[\arctan(\frac{1}{wRC})]$

$\phi_{ui} = \arctan(-wRC)$ $\quad \phi_{ua} = \frac{\pi}{2} + \arctan(-wRC)$ $\quad \phi_{ua} - \phi_{ui} = \frac{\pi}{2}$

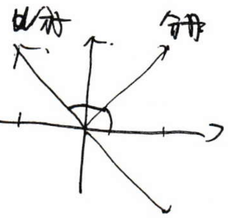
若器件有误差 $\phi = \frac{\pi}{2} - \arctan(-wRC) + \arctan(w(1+\alpha)R\cdot(1+\beta)C)$

若 $\alpha \ll 1$, $\beta \ll 1$ $\quad \Delta\phi = \phi - \frac{\pi}{2} = \arctan(\frac{\alpha+\beta}{2})$，对于 $wRC = 1$.



若将上面之 U_i 和 U_a 作差，记为 U_a，那么相差则和上面之情况不一样，如图。

$\frac{U_a}{U_e} = \frac{1-jwRC}{1+jwRC}$ … 模值为 1，角度为 ~~arctan(-wRC) − arctan(wRC)~~ $\pi - 2\arctan(wRC)$



数字举例. $C = 100pF$ $\quad R = 2.27k\Omega$, $f_g = 700MHz$

$wRC = 0.998$ $\quad \phi \approx 90°$ 这种相位会受频率影响，上一个理想情况下则没有。

$\pi - 2\arctan(2\pi f_{H,L}\cdot RC) = 90° \pm 2°$

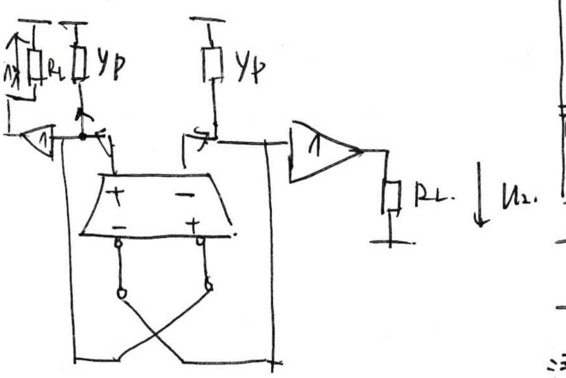
$\Rightarrow \arctan(2\pi f_{H,L}\cdot RC) = \frac{\mp 2° + 90°}{2} = \mp 1° + 45°$

$f_H = 726MHz$ $\quad B_{f,20} = 49MHz$

$f_L = 67? MHz$ $\quad f_H/f_L = \tan 46°/\tan 44° = 1.07$

RC-Netzwerk nach WEAVER. (Übung中不涉及此项).
基本思路都是用基尔霍夫电压定律和电流定律

跨导振荡器.



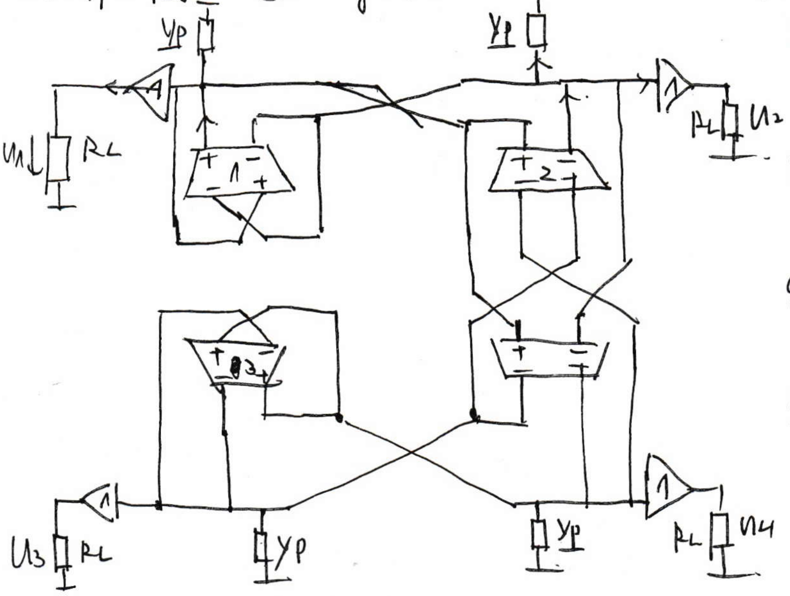
> Buffer即为缓冲器的作用：
> 跨导放大器直接接负载则会影响到放大倍数。
> 而加一个共栅或共漏电路就可以利用其较高的输入电阻
> 提高放大倍数。同时其输出端输出电阻很低，可以使负
> 载分得较高的电压。

$-u_1 = \frac{1}{y_p}\cdot g_m(u_2-u_1) \Rightarrow u_1=-u_2$，代入下

$-u_2 = \frac{1}{y_p}\cdot g_m(u_1-u_2) \Rightarrow \frac{1}{y_p}\cdot g_m = \frac{1}{2} \Rightarrow g_m=\frac{y_p}{2}$

注意，输出端(OTA)"+"向外为正，"-"向内为正。

Skript 图2. Übung 图1.



对四个节点列方程

$g_{T1}:\begin{cases} u_{1,1}=\frac{g_{T1}}{y_p}(u_1-u_2)\\ u_{2,1}=\frac{g_{T1}}{y_p}(u_2-u_1)\end{cases}$

$g_{T2}:\begin{cases} u_{2,2}=\frac{g_{T2}}{y_p}(u_4-u_3)\\ u_{1,2}=\frac{g_{T2}}{y_p}(u_3-u_4)\end{cases}$

$g_{T3}:\begin{cases} u_{4,3}=\frac{g_{T3}}{y_p}(u_4-u_3)\\ u_{3,3}=\frac{g_{T3}}{y_p}(u_3-u_4)\end{cases}$

$g_{T4}:\begin{cases} u_{4,4}=\frac{g_{T4}}{y_p}(u_1-u_2)\\ u_{3,4}=\frac{g_{T4}}{y_p}(u_2-u_1)\end{cases}$

$g_T = g_{T1} = g_{T3}$, $g_{Tc} = g_{T2} = g_{T4}$.

$u_1 - u_2 = u_I$ $u_3 - u_4 = u_Q$

~~从 $g_{T1}, g_{T3} \Rightarrow \begin{cases} u_1=-u_2\\ u_3=-u_4\\ g_T=\frac{y_p}{2}\end{cases}$ 代入 g_{T2}, g_{T4} 和 g_{Tc}, $\begin{cases} u_2=\frac{g_{Tc}}{y_p}\cdot 2u_4=-2u_4\\ u_1=\frac{g_{Tc}}{y_p}\cdot -2u_4=2u_3\end{cases}$ $\begin{cases} u_4=\frac{g_{Tc}}{y_p}2u_1=-\frac{g_{Tc}}{y_p}\cdot 2u_2\\ u_3=\frac{g_{Tc}}{y_p}2u_2=-\frac{g_{Tc}}{y_p}\cdot 2u_1\end{cases}$~~

~~$u_I = u_1 - u_3 = \frac{g_{Tc}}{y_p}\cdot 2u_3 - u_3$~~

从跨导部分会存在电流方程的平衡问题，故从 u_1、y_p 出发

(1) $u_1 = u_{1,1}+u_{1,2} = \frac{1}{y_p}[g_T(u_1-u_2)+g_{Tc}(u_3-u_4)]$

(2) $u_2 = u_{2,1}+u_{2,2} = \frac{1}{y_p}[g_T(u_2-u_1)+g_{Tc}(u_4-u_3)]$

(3) $u_3 = u_{3,3}+u_{3,4} = \frac{1}{y_p}[g_T(u_3-u_4)+g_{Tc}(u_2-u_1)]$

(4) $u_4 = u_{4,3}+u_{4,4} = \frac{1}{y_p}[g_T(u_4-u_3)+g_{Tc}(u_1-u_2)]$.

①+②, ③+④

$u_1 = -u_2$

$u_3 = -u_4$

①-②, ③-④

$u_I = \frac{2g_T}{y_p}u_I + \frac{2g_{Tc}}{y_p}u_Q$

$u_Q = \frac{2g_T}{y_p}u_Q - \frac{2g_{Tc}}{y_p}u_I$

$u_I = \left(\frac{2g_{Tc}}{y_p}\Big/1-\frac{2g_T}{y_p}\right)u_Q$

$u_Q = \left(\frac{-2g_{Tc}}{y_p}\Big/1-\frac{2g_T}{y_p}\right)u_I$

$\Rightarrow -\left(\frac{2g_{Tc}}{y_p}\Big/1-\frac{2g_T}{y_p}\right)^2 = 1 \Rightarrow \begin{matrix} u_I = ju_Q\\ u_Q=-ju_I\end{matrix}$

$\Rightarrow \frac{2g_{Tc}}{y_p}\Big/1-\frac{2g_T}{y_p} = \pm j$

$$\frac{\frac{2g_{Tc}}{y_p}}{1-\frac{2g_T}{y_p}} = j \Rightarrow \frac{2g_{Tc}}{y_p-2g_T} = \pm j,\quad y_p = g_p + j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L_p},\quad y_p = 2g_T \pm 2jg_{Tc} \Rightarrow \begin{cases} g_T = \frac{g_p}{2}\\ \omega\text{满足下式}\end{cases}$$

$$\omega C_p - \frac{1}{\omega L_p} = \pm 2g_{Tc},\quad \omega^2 L_p C_p - 1 = \pm 2g_{Tc}\cdot\omega L_p,\quad L_pC_p\omega^2 \mp 2g_{Tc}\cdot L_p\cdot\omega - 1 = 0 \Rightarrow \omega = \pm\frac{g_{Tc}}{C_p} \pm\sqrt{\left(\frac{g_{Tc}}{C_p}\right)^2 + \frac{1}{C_pL_p}}$$

$$\approx \sqrt{\frac{1}{L_pC_p}} \pm \frac{g_{Tc}}{C_p}$$