



### Aufgabe

Errechnen Sie für  $u_T(t) = \hat{U}_T \cos(\omega_T t)$  und  $u_N(t) = \hat{U}_N \cos(\omega_N t)$ , d. h. Eintonmodulation, wie in Abhängigkeit vom Vorzeichen der Phasenschieber oberes bzw. unteres Seitenband im Ausgangssignal  $u_{SSB}(t)$  verschwinden!

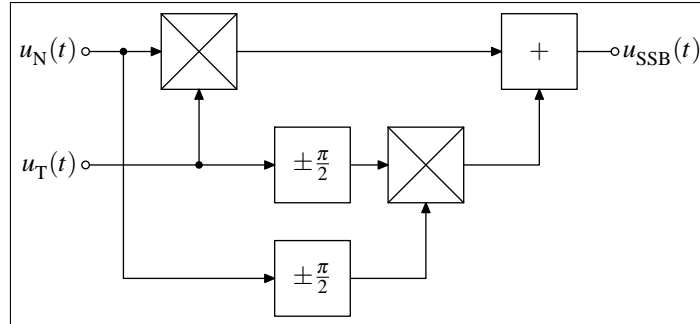


Abbildung 1: Blockschaltbild

## 1. Variante

Bei der ersten der vier Varianten besitzen die beiden Phasenschieber eine positive Phasenverschiebung. Daraus ergibt sich die Abbildung 2.

$$\begin{aligned} u_{SSB}(t) &= u_T(t)u_N(t) + u_T^*(t)u_N^*(t) \\ &= \hat{U}_T \cos(\omega_T t) \hat{U}_N \cos(\omega_N t) + \hat{U}_T \cos\left[(\omega_T t) + \frac{\pi}{2}\right] \hat{U}_N \cos\left[(\omega_N t) + \frac{\pi}{2}\right] \end{aligned}$$

Durch Benutzung des Theorems

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta)$$

erhält man folgende Gleichung:

$$u_{SSB}(t) = \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] +$$

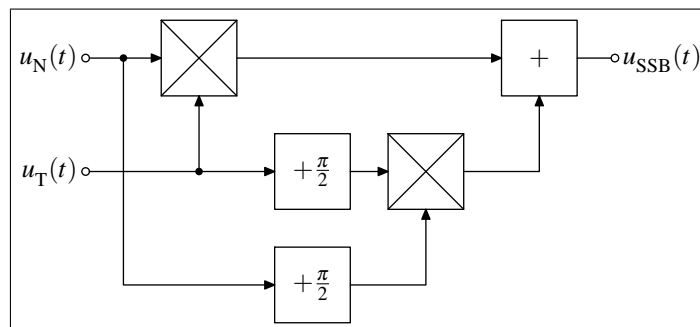


Abbildung 2: Blockschaltbild zur ersten Variante

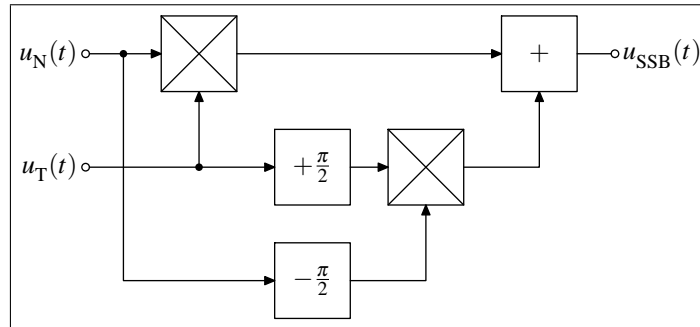


Abbildung 3: Blockschaltbild zur zweiten Variante

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} \left[ \cos \left( \omega_T t + \frac{\pi}{2} + \omega_N t + \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( \omega_T t + \frac{\pi}{2} - \omega_N t - \frac{\pi}{2} \right) \right] \\
 = & \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 & + \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t + \pi) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] \\
 = & \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t) - \\
 & - \cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] \\
 u_{\text{SSB}}(t) = & \hat{U}_T \hat{U}_N \cos(\omega_T t - \omega_N t)
 \end{aligned}$$

Man erkennt, daß diese Variante das obere Seitenband unterdrückt und nur das untere Seitenband im Ausgangssignal enthält.

## 2. Variante

Bei der zweiten Variante besitzt der erste Phasenschieber eine positive und der zweite eine negative Phasenverschiebung (siehe Abbildung 3).

$$\begin{aligned}
 u_{\text{SSB}}(t) &= u_T(t) u_N(t) + u_T^*(t) u_N^*(t) \\
 &= \hat{U}_T \cos(\omega_T t) \hat{U}_N \cos(\omega_N t) + \hat{U}_T \cos \left[ \left( \omega_T t \right) + \frac{\pi}{2} \right] \hat{U}_N \cos \left[ \left( \omega_N t \right) - \frac{\pi}{2} \right] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 &+ \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} \left[ \cos \left( \omega_T t + \frac{\pi}{2} + \omega_N t - \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( \omega_T t + \frac{\pi}{2} - \omega_N t + \frac{\pi}{2} \right) \right] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 &+ \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t + \pi)] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t) + \\
 &+ \cos(\omega_T t + \omega_N t) - \cos(\omega_T t - \omega_N t)]
 \end{aligned}$$

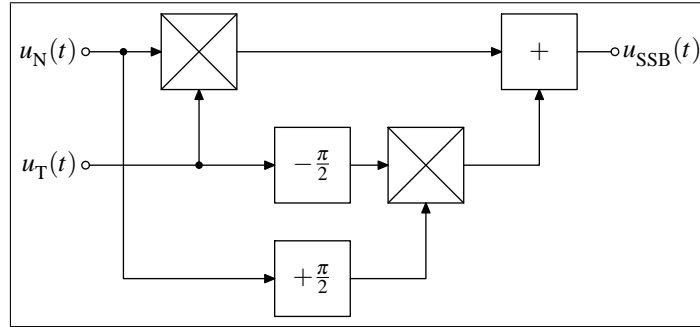


Abbildung 4: Blockschaltbild zur dritten Variante

$$u_{\text{SSB}}(t) = \hat{U}_T \hat{U}_N \cos(\omega_T t + \omega_N t)$$

Bei dieser Variante enthält das Ausgangssignal nur das obere Seitenband.

### 3. Variante

Bei der dritten Variante besitzt der erste Phasenschieber eine negative und der zweite eine positive Phasenverschiebung (siehe Abbildung 4).

$$\begin{aligned}
 u_{\text{SSB}}(t) &= u_T(t) u_N(t) + u_T^*(t) u_N^*(t) \\
 &= \hat{U}_T \cos(\omega_T t) \hat{U}_N \cos(\omega_N t) + \hat{U}_T \cos\left[(\omega_T t) - \frac{\pi}{2}\right] \hat{U}_N \cos\left[(\omega_N t) + \frac{\pi}{2}\right] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 &\quad + \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} \left[ \cos\left(\omega_T t - \frac{\pi}{2} + \omega_N t + \frac{\pi}{2}\right) + \cos\left(\omega_T t - \frac{\pi}{2} - \omega_N t - \frac{\pi}{2}\right) \right] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 &\quad + \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t - \pi)] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t) + \\
 &\quad + \cos(\omega_T t + \omega_N t) - \cos(\omega_T t - \omega_N t)] \\
 u_{\text{SSB}}(t) &= \hat{U}_T \hat{U}_N \cos(\omega_T t + \omega_N t)
 \end{aligned}$$

Diese Variante filtert das untere Seitenband aus dem Mischsignal.

### 4. Variante

Bei der letzten Variante besitzen die beiden Phasenschieber eine negative Phasenverschiebung (siehe Abbildung 5).

$$u_{\text{SSB}}(t) = u_T(t) u_N(t) + u_T^*(t) u_N^*(t)$$

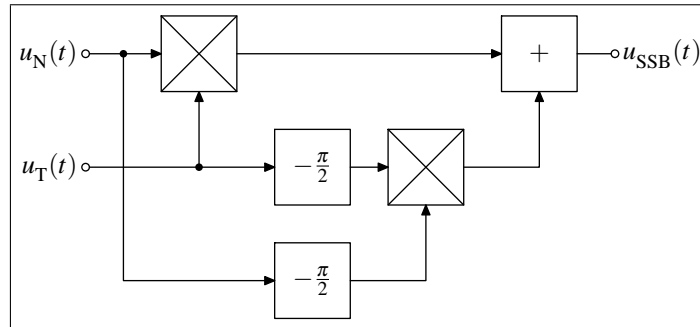


Abbildung 5: Blockschaltbild zur vierten Variante

$$\begin{aligned}
 &= \hat{U}_T \cos(\omega_T t) \hat{U}_N \cos(\omega_N t) + \hat{U}_T \cos\left[\left(\omega_T t - \frac{\pi}{2}\right)\right] \hat{U}_N \cos\left[\left(\omega_N t - \frac{\pi}{2}\right)\right] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 &\quad + \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} \left[ \cos\left(\omega_T t - \frac{\pi}{2} + \omega_N t - \frac{\pi}{2}\right) + \cos\left(\omega_T t - \frac{\pi}{2} - \omega_N t + \frac{\pi}{2}\right) \right] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] + \\
 &\quad + \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t - \pi) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] \\
 &= \frac{\hat{U}_T \hat{U}_N}{2} [\cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t) - \\
 &\quad - \cos(\omega_T t + \omega_N t) + \cos(\omega_T t - \omega_N t)] \\
 u_{\text{SSB}}(t) &= \hat{U}_T \hat{U}_N \cos(\omega_T t - \omega_N t)
 \end{aligned}$$

Mit dieser Variante erhält man das untere Seitenband im Ausgangssignal.

## Fazit

Haben beide Phasenschieber gleiche Vorzeichen, dann erhält man das untere Seitenband am Ausgang, andernfalls das obere Seitenband.