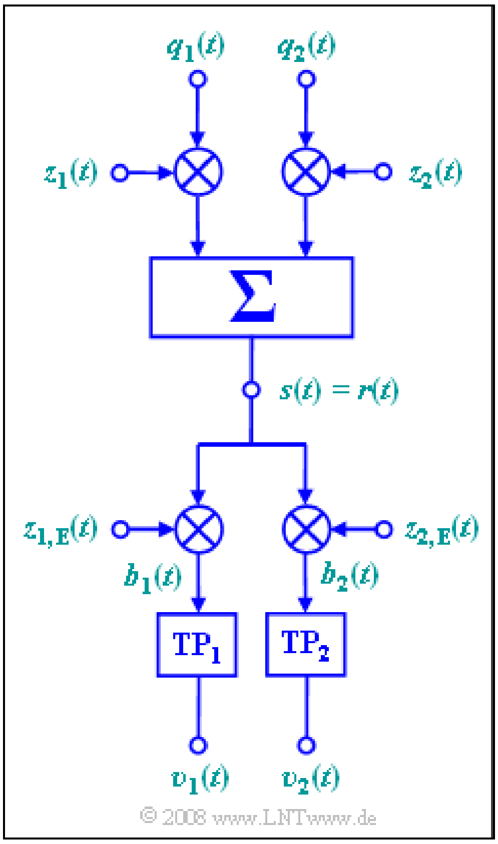
A2.11: Quadratur–Amplitudenmodulation



Die durch die Grafik erklärte Quadratur–Amplitudenmodulation erlaubt unter gewissen Randbedingungen, die in dieser Aufgabe angegeben werden sollen, die gleichzeitige Übertragung von zwei Quellensignalen $q_1(t)$ und $q_2(t)$ über den gleichen Kanal.

In dieser Aufgabe gelte mit $A_1 = A_2 = 2$ V:

$$\begin{aligned} q_1(t) &= A_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t), \\ q_2(t) &= A_2 \cdot \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t)\,. \end{aligned}$$

Die vier in der Grafik eingezeichneten Trägersignale lauten mit $\omega_T = 2\pi \cdot 25$ kHz:

$$\begin{aligned} z_1(t) &= \cos(\omega_T \cdot t), \\ z_2(t) &= \sin(\omega_T \cdot t), \\ z_{1,E}(t) &= 2 \cdot \cos(\omega_T \cdot t + \Delta\phi_T), \\ z_{2,E}(t) &= 2 \cdot \sin(\omega_T \cdot t + \Delta\phi_T)\,. \end{aligned}$$

Die beiden Tiefpässe mit den Eingangssignalen $b_1(t)$ und $b_2(t)$ entfernen jeweils alle Frequenzanteile $|f| > f_T$.

Hinweis: Die Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 2.5** dieses Buches. Anzumerken ist, dass hier die Trägersignale $z_2(t)$ und $z_{2,E}(t)$ mit positivem Vorzeichen angesetzt wurden. Oft – so auch im Theorieteil – werden diese Trägersignale als „Minus–Sinus” angegeben.

Gegeben sind folgende trigonometrischen Umformungen:

$$\begin{aligned} \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) &= \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]\,, \\ \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) &= \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]\,, \\ \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) &= \frac{1}{2} \cdot [\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)]\,. \end{aligned}$$

Fragebogen zu "A2.11: Quadratur–Amplitudenmodulation"

a) Berechnen Sie das Sendesignal $s(t)$ für den Fall $f_1 \neq f_2$. Welche der folgenden Aussagen treffen zu?

- ○ $s(t)$ besteht aus zwei Cosinus– und zwei Sinusschwingungen.
- ○ $s(t)$ setzt sich aus vier Cosinusschwingungen zusammen.
- ○ $s(t)$ setzt sich aus vier Sinusschwingungen zusammen.

b) Wie lautet $s(t)$ für $f_1 = f_2 = 5$ kHz. Welcher Signalwert tritt bei $t = 50$ µs auf?

$s(t = 50$ µs$)$ = V

c) Berechnen Sie für $f_1 = f_2$ und $\Delta\phi_T = 0$ die Sinkensignale $v_1(t)$ und $v_2(t)$. Welche der folgenden Aussagen treffen zu?

- ☐ Es gilt $v_1(t) = q_1(t)$ und $v_2(t) = q_2(t)$.
- ☐ Es ergeben sich lineare Verzerrungen.
- ☐ Es ergeben sich nichtlineare Verzerrungen.

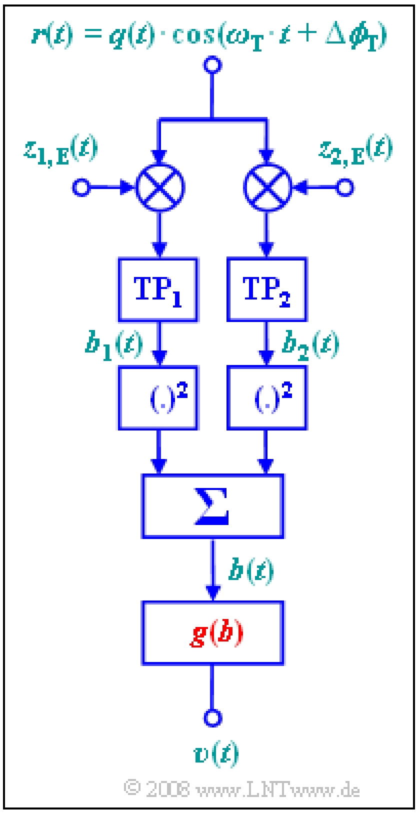
d) Berechnen Sie für $f_1 = f_2$ und $\Delta\phi_T = 30°$ die Sinkensignale $v_1(t)$ und $v_2(t)$. Welche der folgenden Aussagen treffen zu?

- ☐ Es gilt $v_1(t) = q_1(t)$ und $v_2(t) = q_2(t)$.
- ☐ Es ergeben sich lineare Verzerrungen.
- ☐ Es ergeben sich nichtlineare Verzerrungen.

e) Welche der folgenden Aussagen treffen für $f_1 \neq f_2$ und $\Delta\phi_T \neq 0$ zu?

- ☐ Es gilt $v_1(t) = q_1(t)$ und $v_2(t) = q_2(t)$.
- ☐ Es ergeben sich lineare Verzerrungen.
- ☐ Es ergeben sich nichtlineare Verzerrungen.

A2.12: Nichtkohärente Demodulation



Wir betrachten ein AM–moduliertes Signal:

$$s(t) = q(t) \cdot \cos(\omega_T \cdot t) .$$

Den Empfänger erreicht aufgrund der Kanallaufzeit das Signal

$$r(t) = q(t) \cdot \cos(\omega_T \cdot t + \Delta\phi_T) .$$

Die nebenstehende Anordnung erlaubt eine perfekte Demodulation – das heißt $v(t) = q(t)$ – ohne Kenntnis der Phase $\Delta\phi_T$, allerdings nur dann, wenn das Quellensignal gewisse Voraussetzungen erfüllt.

Die beiden empfängerseitigen Trägersignale lauten:

$$\begin{aligned} z_{1,E}(t) &= 2 \cdot \cos(\omega_T \cdot t) , \\ z_{2,E}(t) &= -2 \cdot \sin(\omega_T \cdot t) . \end{aligned}$$

TP$_1$ und TP$_2$ bezeichnen zwei ideale Tiefpässe, deren Grenzfrequenz jeweils gleich der Trägerfrequenz f_T ist. Die nichtlineare Funktion $v = g(b)$ soll im Rahmen dieser Aufgabe ermittelt werden.

Als Quellensignale werden betrachtet:

- das unipolare Rechtecksgnal $q_1(t)$ mit den dimensionslosen Amplitudenwerten 0 und 3,
- das bipolare Rechtecksignal $q_2(t)$ mit den dimensionslosen Amplitudenwerten ±3.

Diese beiden Signale ergeben hinsichtlich $s(t)$ ein ASK– bzw. ein BPSK–Signal.

Hinweis: Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 2.5.** Gegeben sind folgende trigonometrischen Umformungen:

$$\begin{aligned} \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) &= \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)] , \\ \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) &= \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)] , \\ \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) &= \frac{1}{2} \cdot [\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)] . \end{aligned}$$

Fragebogen zu "A2.12: Nichtkohärente Demodulation"

a) Wie lauten die Signale $b_1(t)$ und $b_2(t)$ in den beiden Zweigen – jeweils nach Multiplizierer und Tiefpass? Welche Aussagen treffen zu?

- [ ] $b_1(t) = q(t) \cdot \cos(\Delta\phi_T)$.
- [ ] $b_2(t) = q(t) \cdot \cos(\Delta\phi_T)$.
- [ ] $b_1(t) = q(t) \cdot \sin(\Delta\phi_T)$.
- [ ] $b_2(t) = q(t) \cdot \sin(\Delta\phi_T)$.
- [ ] $b_1(t) = b_2(t) = q(t)$.

b) Welche Werte $b_{\rm min}$ und $b_{\rm max}$ nimmt das Signal $b(t)$ an, wenn am Eingang das unipolare Quellensignal $q_1(t)$ anliegt?

$\boldsymbol{q_1(t)}$**:** $\boldsymbol{b_{\rm min}}$ =

$\boldsymbol{q_1(t)}$**:** $\boldsymbol{b_{\rm max}}$ =

c) Wie muss die Kennlinie $v = g(b)$ gewählt werden, damit $v(t) = q(t)$ gilt?

- [ ] $g(b) = b^2$.
- [ ] $g(b) = b^{0.5}$.
- [ ] $g(b) = \arctan(b)$.

d) Welche Werte $b_{\rm min}$ und $b_{\rm max}$ nimmt das Signal $b(t)$ an, wenn am Eingang das bipolare Quellensignal $q_2(t)$ anliegt?

$\boldsymbol{q_2(t)}$**:** $\boldsymbol{b_{\rm min}}$ =

$\boldsymbol{q_2(t)}$**:** $\boldsymbol{b_{\rm max}}$ =