

verwendet wird. Ein entsprechender Maximum-Likelihood-Empfänger ist in **Bild 11.2.1** wiedergegeben.

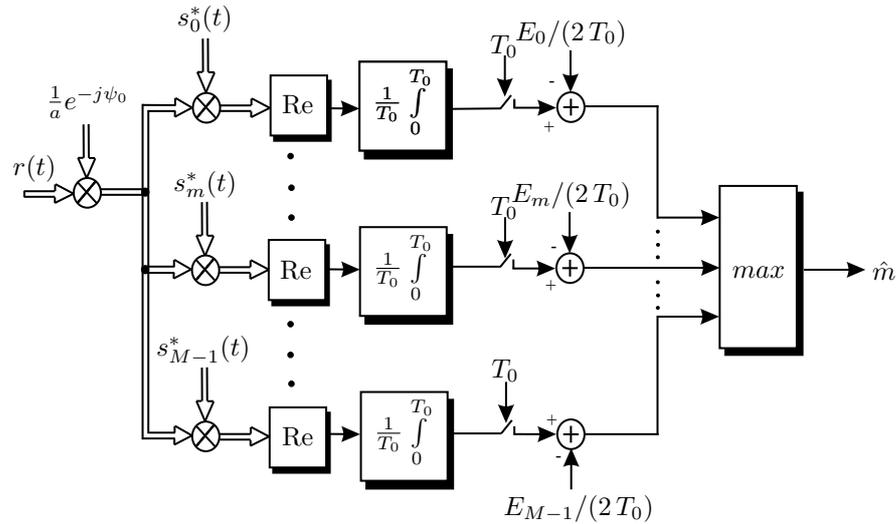


Bild 11.2.1: Korrelationsempfänger zur Maximum-Likelihood-Entscheidung (zeitkontinuierliche Realisierung)

11.2.2 Matched-Filter-Empfänger

Der Korrelationsausdruck in (11.2.5) lässt sich auch als *Faltung* interpretieren, indem die Impulsantwort

$$g_{E|m}(t) = \frac{1}{T_0} \cdot s_m^*(T_0 - t) \quad (11.2.6)$$

definiert wird. Als Voraussetzung für die Kausalität von $g_{E|m}(t)$ muss die zeitliche Begrenzung des Sendeimpulses $s_m(t)$ auf das Intervall $0 \leq t \leq T_0$ gefordert werden. Damit erhält man aus (11.2.5)

$$\begin{aligned} Q_{\text{ML}}(m) &= \text{Re} \left\{ \int_0^{T_0} \frac{1}{a} e^{-j\psi_0} r(t') g_{E|m}(T_0 - t') dt' \right\} - \frac{\bar{E}_m}{2} \\ &= \text{Re} \left\{ \frac{1}{a} e^{-j\psi_0} [r(t) * g_{E|m}(t)]_{t=T_0} \right\} - \frac{\bar{E}_m}{2}. \end{aligned} \quad (11.2.7)$$

Die Formulierung (11.2.6) stellt die bereits in Abschnitt 8.3.1 für reelle Datensignale hergeleitete *Matched-Filter-Beziehung* dar – hier jedoch in verallgemeinerter Form für den komplexen Sendeimpuls $s_m(t)$. Das ursprünglich benutzte Kriterium zur Matched-Filter-Herleitung bestand in der Maximierung des S/N -Verhältnisses am Empfangsfilter-Ausgang. Es zeigt sich nun, dass für den Fall *gaußverteilter* Rauschstörungen die

S/N -Maximierung auf einen optimalen Empfänger im Sinne des Maximum-Likelihood-Kriteriums führt.

Wir haben bisher unterstellt, dass das empfangene Signal während des endlichen Zeitintervalls $0 \leq t \leq T_0$ beobachtet wird und dass während dieser Zeit keine Einflüsse vorangegangener und nachfolgender Datenimpulse wirksam sind. Fordert man nun, dass nach der Faltung von $s_m(t)$ und $g_{E|n}(t)$ die erste Nyquistbedingung erfüllt ist, dass also gilt

$$s_m(t) * g_{E|n}(t) = 0 \quad \text{für } t = T_0 + iT; \quad i = \pm 1, \pm 2, \dots, \quad (11.2.8)$$

so kann bei einer fortlaufenden Datenübertragung mit der Symbolrate $1/T$ am Matched-Filter-Ausgang zu den Zeitpunkten $T_0 + iT$ abgetastet werden. Aufgrund der Bedingung (11.2.8) ist dann die Entscheidung über das i -te Datensymbol unabhängig von allen vorangegangenen und nachfolgenden Datenimpulsen. Das Blockschaltbild eines Matched-Filter-Empfängers für weiße Rauschstörung ist in **Bild 11.2.2** dargestellt.

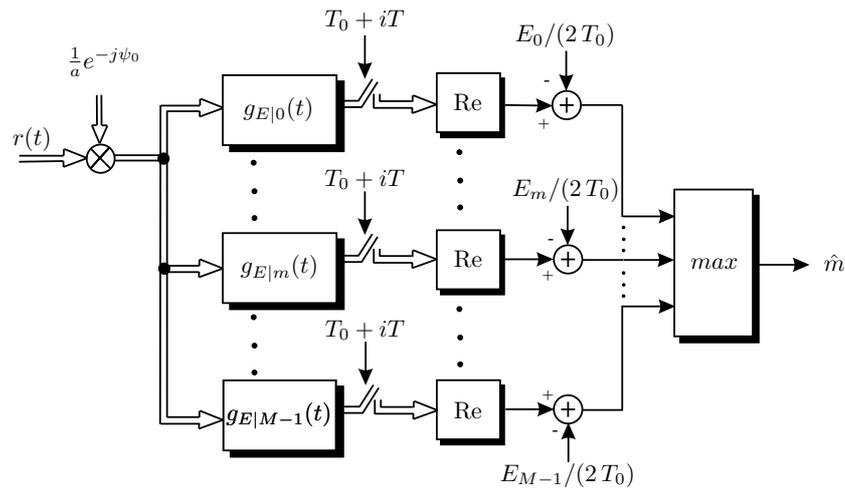


Bild 11.2.2: Matched-Filter-Empfänger für weißes Kanalrauschen

• **Beispiel QPSK**

Wir setzen ein QPSK-Signal der Form $\lambda = \pi/4$ an (**Bild 11.2.3**).

Die vier möglichen Sendeimpulse und die zugehörigen Matched-Filter-Impulsantworten lauten dann in nichtkausaler Schreibweise ($T_0 = 0$)

$$s_m(t) = T \cdot (d'_m + j d''_m) \cdot g_S(t)$$

$$g_{E|m}(t) = \frac{1}{T} \cdot s_m^*(-t) = (d'_m - j d''_m) \cdot g_E(t)$$

mit $g_E(t) = g_S(-t) \in \mathbb{R}, \quad d'_m, d''_m \in \{-1, 1\}.$