

# Theorie und Entwurf breitbandiger Tunneldiodenmischer im Mikrowellengebiet

Abhandlung  
zur Erlangung der Würde eines  
Doktors der technischen Wissenschaften  
der  
**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH**

vorgelegt von  
**ULRICH GYSEL**  
dipl. El.-Ing. ETH  
geboren am 1. November 1940  
von Wilchingen (SH)

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. G. Epprecht, Referent  
Prof. H. E. Weber, Korreferent

# Theorie und Entwurf breitbandiger Tunneldiodenmischer im Mikrowellengebiet

## Zusammenfassung

Beim Entwurf breitbandiger Tunneldiodenmischer müssen die Streuelemente der Diode in die notwendigen Filternetzwerke einbezogen werden. Dazu wird eine neue Theorie entwickelt, welche die ganze Verstärkung des Mixers mit Hilfe eines einzigen komplexen Reflexionsfaktors  $r$  beschreibt. Es werden erlaubte Gebiete für  $r(j\omega)$  hergeleitet, die einen stabilen Mischer ergeben. Dann wird gezeigt, dass sich für Tunneldioden mit vernachlässigbarem Seriewiderstand die Synthese von geeigneten Filternetzwerken auf ein passives Anpassproblem zurückführen lässt. Die entwickelte Theorie ist grösstenteils auch auf gewöhnliche Mischer übertragbar.

Der Bau eines wirklich brauchbaren Mixers im Mikrowellengebiet verlangt die Berücksichtigung weiterer, vor allem auch praktischer Gesichtspunkte. Diese Aufgabe lässt sich nur noch durch numerische Optimierung befriedigend lösen, wobei die im theoretischen Teil entwickelte vereinfachte Synthese die dazu notwendige Startlösung liefert. Die Messresultate des aufgebauten Mixers von 2,55–2,8 GHz (ZF: 50–300 MHz) stimmen gut mit jenen der Optimierung überein: Verstärkung  $-1,8 \pm 1,0$  dB (berechnet  $0,8 \pm 0,7$  dB, ohne Filterverluste), Rauschzahl 12 dB (berechnet 9,5 dB). Bei Verwendung einer GaSb- statt einer Ge-Diode und mit einem günstigeren Arbeitspunkt sollten Verstärkungen von 3–5 dB und Rauschzahlen von 5 dB möglich sein.

## Résumé

En concevant un mélangeur à diodes tunnel de large bande on se trouve forcé de considérer dans les circuits de filtre nécessaires les éléments parasites de la diode. Dans ce but, nous développons une théorie nouvelle qui décrit entièrement l'amplification du mélangeur à l'aide d'un facteur complexe de réflexion  $r$ . Nous en déduisons pour  $r(j\omega)$  des domaines permis qui conduisent à un mélangeur stable. Ensuite nous montrons que pour des diodes tunnel à résistance série négligeable la synthèse de filtres convenables se réduit à un problème d'adaptation passive. La théorie développée est

en grande partie aussi utilisable pour des mélangeurs ordinaires.

La construction d'un mélangeur réellement utilisable en microondes exige qu'on tienne compte d'autres aspects, en particulier du point de vue pratique. Ce problème se laisse résoudre de manière satisfaisante par une optimisation numérique. La synthèse simplifiée développée dans la partie théorique fournit les valeurs pour l'approximation de départ. Les mesures du mélangeur construit pour une bande de 2,55 à 2,8 GHz (FI: 50 à 300 MHz) correspondent aux résultats de l'optimisation: amplification  $-1,8 \pm 1,0$  dB (calculée  $0,8 \pm 0,7$  dB, sans pertes de filtres), bruit de fond 12 dB (calculé 9,5 dB). Par l'utilisation de GaSb au lieu de Ge pour la diode et en choisissant une polarisation mieux adaptée, on devrait obtenir une amplification de 3–5 dB et un facteur de bruit de 5 dB.

## Abstract

The design of broadband tunnel-diode mixers must take into account the parasitic elements of the diode as part of the necessary filter networks. To achieve this, a new theory is developed which relates the total gain of the mixer to a single complex reflection coefficient  $r$ . Constraints on  $r(j\omega)$  for a stable mixer are derived. It is shown that for tunnel-diodes with negligible series resistance the synthesis of suitable filter networks can be reduced to a passive matching problem. Most parts of the theory are also applicable to ordinary mixers.

At microwave frequencies the construction of a really satisfactory mixer requires that additional aspects, especially of a practical nature, be taken into consideration. The only workable approach then is through a numerical optimization setting out from an initial design furnished by the simplified theoretical synthesis. The measured performance of a mixer for frequencies from 2.55 to 2.8 GHz (IF: 50 to 300 MHz) thus arrived at showed good agreement with the results predicted: Gain  $-1.8 \pm 1.0$  dB (computed  $0.8 \pm 0.7$  dB, without filter losses), noise figure 12 dB (computed 9.5 dB). Gains of 3–5 dB and noise figures of 5 dB should be attainable by the use of a GaSb-diode instead of a Ge one and by the choice of a more favorable bias point.