

Schmitt Trigger 確率共鳴受信機の入出力位相差特性

Input-output phase difference performance of Stochastic Resonance Schmitt Trigger receiver

千賀敬太¹ 田中裕也¹ 山里敬也¹ 田所幸浩² 荒井伸太郎³
Keita CHIGA Hiroya TANAKA Takaya YAMAZATO Yukihiro TADOKORO Shintaro ARAI

名古屋大学¹ 株式会社 豊田中央研究所² 香川高等専門学校³
Nagoya University TOYOTA Central R&D Labs., Inc. Kagawa National College of Technology

1 まえがき

確率共鳴 (Stochastic Resonance:SR) は非線形な系に雑音を加えた場合に出力の信号対雑音比 (SNR) が改善される現象である。この確率共鳴を通信に適用することにより、受信感度以下の微小な信号を検出することが可能である。確率共鳴では雑音により出力の位相が大きく変動することが考えられる。本稿では Schmitt Trigger[1] を用いた確率共鳴受信機を作成し、その入出力位相差特性を実験的に評価する。

2 Schmitt Trigger

確率共鳴系として Schmitt Trigger(ST) を用いる。ST はヒステリシスを持つコンパレータであり、オペアンプを用いることで容易に構成することができる。ST は2つのしきい値 V_{TH}, V_{TL} ($V_{TH} > V_{TL}$) と2つの出力 V_H, V_L ($V_H > V_L$) を持つ。前の瞬間の出力が V_H であった場合にはしきい値 V_{TL} より小さい場合に出力が変化する。一方、前の瞬間の出力が V_L であった場合にはしきい値 V_{TH} を超えた場合に出力が変化する。

3 測定系

測定系を図1に示す。ST およびインピーダンス変換回路 (Impidance Converting Circuit:ICC) は図2のように構成した。図中の V_i, V_o はそれぞれ入力電圧および出力電圧である。ST のしきい値は $R_1 = 10k\Omega, R_2 = 470k\Omega$ とすることにより $V_{TH} = 0.08V, V_{TL} = -0.08V$ に設定した。本稿では入力信号は正弦波でしきい値を超えない場合を想定する。信号振幅は ST のしきい値 V_{TH}, V_{TL} 以下である $0.05V$ であるので、雑音を加えない場合には出力は得られない、信号周波数は $500Hz$ 、雑音は平均0の白色ガウス雑音とする。また、AD変換器のサンプリング周波数は信号周波数の $50,000$ 倍の $25MHz$ で実験を行った。

4 実験結果

雑音の電力スペクトル密度 (PSD) を $0.002V^2/Hz, 0.02V^2/Hz$ として ST の出力信号を測定した。入力信号が ST のしきい値以下でも出力が得られることを確認した。その際の出力 SNR はそれぞれ、 $20dB, 22dB$ である。出力信号の時間波形をそれぞれ図3(a),(b)に示す。図中の正弦波は入力信号を振幅方向に10倍に拡大したものである。この測定結果より ST の入出力位相差を測定する。信号1周期の入出力位相差を100回行った平均を入出力位相差とする。

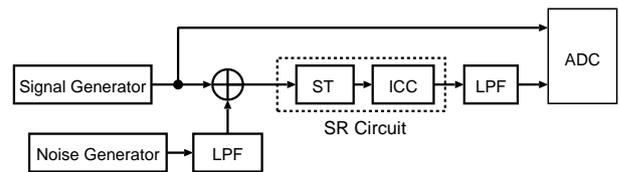


図1 測定系.

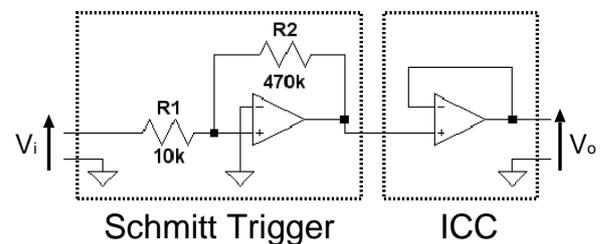
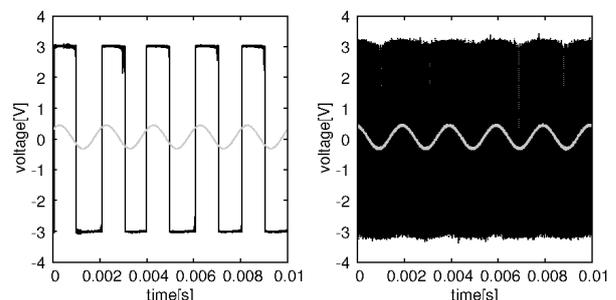


図2 実験回路.



(a) Noise PSD=0.002V²/Hz (b) Noise PSD=0.02V²/Hz

図3 実験結果.

図3(a)の場合には入出力の位相差は -39.14° となった。それに対し、図3(b)の場合には雑音の影響により位相差をとることはできなかった。

以上から、確率共鳴系においても出力の位相差を取り出せることが確認できた。

5 むすび

本稿では Schmitt Trigger 確率共鳴受信機の入出力位相差特性について実験的に評価した。

6 謝辞

日頃熱心にご指導頂く、名古屋大学エコトピア科学研究所教授片山正昭先生、准教授岡田啓先生、助教小林健太郎先生に深く感謝する。

参考文献

[1] G.P.Harmer, et al., "A Review of Stochastic Resonance: Circuit and Measurement", *IEEE trans. Instrum. Meas.*, vol. 51, No. 2, pp. 299-309, Apr. 2002.