

# 2.25 分周器に関する検討

## A Fractional Frequency Divider-by-2.25

寺嶋 友樹  
Yuuki Terashima

シリブラーノンティージャーショート  
Teerachot Siriburanon

岡田 健一  
Kenichi Okada

松澤 昭  
Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理工学専攻  
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

### 1. まえがき

分周比が分数である分周器はフラクショナル分周器と呼ばれ、送信ミキサによる VCO のプリングを抑制する目的 [1]や、複数のリファレンス周波数に対応した周波数シンセサイザへの利用[2]が報告されている。

本稿では、分周比が 2.25 のフラクショナル分周器を提案し、提案回路の動作およびシミュレーション結果について報告する。

### 2. 2.25 分周器

図 1 に 2.25 分周器の回路構成を、図 2 にタイミングチャートを示す。本回路は、入力段の 4 位相 (0°, 90°, 180°, 270°) 入力・8 位相 (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) 出力の 2 分周器, 8 入力マルチプレクサ (MUX1, MUX2) およびマルチプレクサの制御回路から構成されている。位相差 45° の 8 つの信号を制御回路によって適当なタイミングで切り替えることにより、2.25 分周された信号 X1 を得ている。

制御回路中のワンホット・ステート・カウンタは “10000000” のように各 bit のどれか 1 つだけが ‘1’ の状態となるカウンタである。CK のポジティブエッジによって ‘1’ が LSB 側へシフトし、LSB が ‘1’ の場合には MSB へとシフトする。MUX1, MUX2 が出力する位相はこの 8 bit の信号によって決定され、“10000000” ならば A を, “00001000” ならば E を選択するといった具合に一対一対応している。

ワンホット・ステート・カウンタの出力信号 (SEL) は “10000000” と初期化されているため、初期状態において MUX1 は B0, MUX2 は B90 を選択し出力する。すなわち、X1 = B0, X2 = B90 である。制御回路中の D 型フリップフロップは D 端子が VDD へと接続されており、X1 のネガティブエッジによって F = 0 へと遷移する。さらに X2 が立ち下がると、NOR ゲートの入力が共に ‘0’ となるため CK が発生し、MUX の選択する位相が切り替わる。また、ダイレイ素子により  $T_{delay}$  だけ遅れた CK によってフリップフロップの初期化が行われる。このようなサイクルの繰り返しによって得られた出力 X1 を見てみると、‘1’ の時間が T, ‘0’ の時間が 1.25T になっていることがタイミングチャートからわかり、周期 T の入力を 2.25 分周したデューティ比 44.4% の信号を得ることができる。

65 nm CMOS プロセスを用いて設計を行い、ポストレイアウトシミュレーションにより回路の動作を確認したところ、5.4 GHz までの入力信号で正常な動作を行い、消費電力は 5.0 GHz において 2.7 mW であった。また、回路面積は 0.0018 mm<sup>2</sup> であった。

### 3. 結論

本稿では 2.25 分周器の回路構成および動作原理について述べ、動作を回路シミュレーションによって確認した。

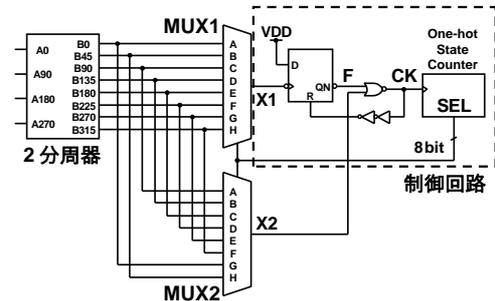


図 1 : 2.25 分周器の回路構成

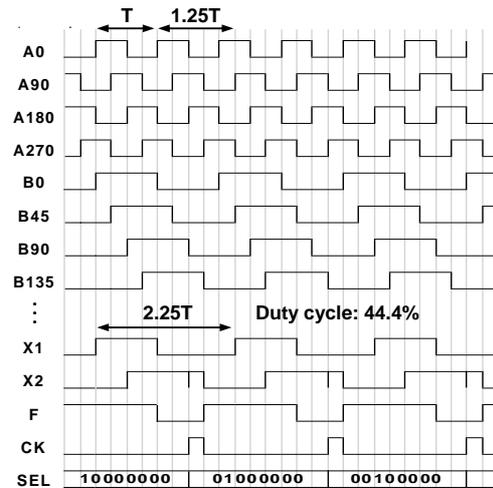


図 2 : 2.25 分周器のタイミングチャート

### 謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、総務省 SCOPE, 科学研究費補助金, 半導体理工学研究センター, 並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社, メンター株式会社の協力で行われたものである。

### 参考文献

- [1] S. Pellerano, P. Madoglio, Y. Palaskas, “A 4.75-GHz Fractional Frequency Divider-by-1.25 With TDC-Based All-Digital Spur Calibration in 45-nm CMOS,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol.44, no.12, pp.3422-3433, Dec. 2009.
- [2] T. Siriburanon, T. Ueno, K. Kimura, S. Kondo, W. Deng, K. Okada, A. Matsuzawa, “A 60-GHz Sub-Sampling Frequency Synthesizer Using Sub-Harmonic Injection-Locked Quadrature Oscillators,” *IEEE RFIC Symp. Dig. Papers*, pp. 105-108, 2014.