

単一磁束量子回路の放射線耐性測定に向けたエラー率試験回路の設計

Design of an error rate test circuit for measuring radiation-induced malfunctions in superconducting circuits

横浜国立大学, °(M1) 刑部 一斗, 山梨裕希, 吉川信行

Yokohama National Univ., °Kazuto Osakabe, Yuki Yamanashi, Nobuyuki Yoshikawa

E-mail: osakabe-kazuto-sg@ynu.jp

1. 単一磁束量子回路

近年の急速な情報化に伴い、情報処理量は増大し続けており、情報処理の高速化が必要となってきた。一方で情報処理を行うための回路に含まれる半導体集積回路は微細化による性能向上に限界を迎えつつあり、さらに情報処理量の増大に伴って消費電力も増大している。そこで、半導体集積回路に代わる回路方式として、単一磁束量子回路(SFQ 回路)や、量子コンピュータが提案されている。近年、 γ 線などの二次宇宙線粒子はこれらの超伝導回路の大規模化を阻害する原因になりうるという指摘がされており、本研究では SFQ 回路の環境放射線による誤動作の頻度の測定を通して超伝導回路の信頼性評価を行うことを目的とする。今回は、SFQ 回路の誤動作を検出するためのエラー検出回路(ERTC: Error Rate Test Circuit)を設計した。

2. ERTC の概要

本研究における ERTC の概念図を Fig.1 に示す。

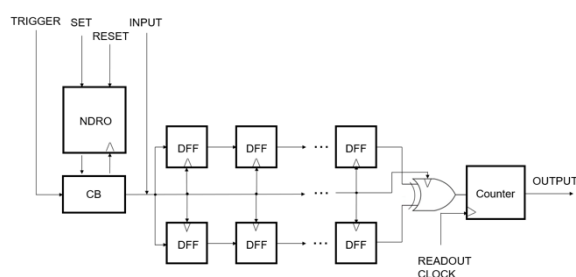


Figure.1 Overview of ERTC

ERTC は疑似乱数生成回路(PRNG: Pseudo Random Number Generator)で生成された疑似ランダムパルス列およびリングオシレータによって生成されたクロックパルスを 2 列のシフトレジスタに入力し、それらの出力を XOR ゲートに入力することで、一方の列でエラーが発生した場合、XOR からパルスが出力される [1]。これをカウンタによって数え上げる。カウンタに蓄積されたエラー回数のデータは別のクロックによって読み出しを行うことができる。測

定の際には、冷凍機内で動作している EDC のシフトレジスタ部分に γ 線などの放射線を照射し、回路のエラー率を計測する。回路の設計は AIST ADP プロセスおよび AIST HSTP プロセスにより行った。

3. ERTC の評価

NC-Verilog を用いてデジタルシミュレーションを行い、リングオシレータ、擬似乱数生成機、エラー検出回路およびカウンタ回路の動作周波数特性を得た。結果を Fig.2 及び Fig.3 に示す。

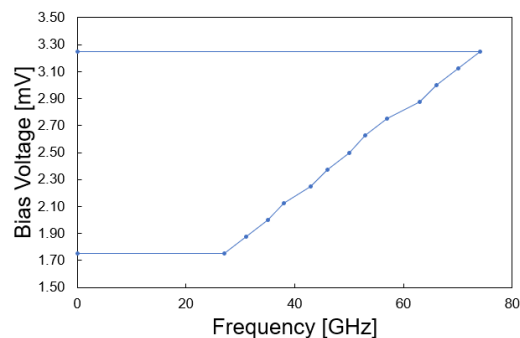


Figure.2 Frequency of a PRNG

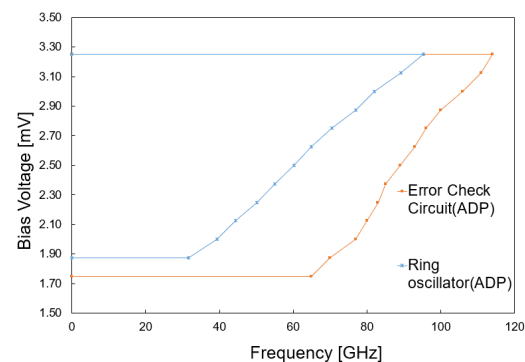


Figure.3 Frequency of an error detection circuit and a ring oscillator

参考文献

- [1] Quentin P. Herr, Marc J. Feldman, "Error Rate of RSFQ Circuits: Theory", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.7, No.2, June. 1997