

断熱型磁束量子パラメトロン回路における 多分岐 Splitter の設計と評価

Design and Evaluation of Splitters with Large Fan-out on Adiabatic Quantum Flux Parametron Circuit

横国大工¹, 情通機構², [○]奈良間 達也¹, 竹内 尚輝², 山梨 裕希¹, 吉川 信行¹

Faculty of Engineering, Yokohama National University¹, NICT²

[○]Tatsuya Narama, Naoki Takeuchi, Yuki Yamanashi, Nobuyuki Yoshikawa

E-mail: narama-tatsuya-df@ynu.jp

近年の計算機に広く用いられている半導体集積回路は、集積度の高まりにつれ性能向上の限界が議論されている。そこで我々は半導体集積回路に代わる回路技術として超伝導素子を用いた回路を研究している。超伝導回路において研究が先行している単一磁束量子(Single Flux Quantum; SFQ)回路は、最大数百 GHz での高速動作や半導体集積回路に対し 3 桁程低い消費電力で動作するが、依然としてバイアス配線の抵抗における静的な消費電力や非断熱的エネルギーポテンシャル遷移による動的な消費電力が存在する。

我々の研究している断熱型磁束量子パラメトロン(Adiabatic Quantum Flux Parametron; AQFP)回路は、バイアス配線に抵抗が不要なため静的な消費電力を削減できる。更にバイアス電流の立ち上げ立ち下げをゆっくり行うことにより断熱的ポテンシャル変化を実現し、動的な消費電力を低減できる。そのため AQFP 回路は SFQ 回路に対し更に 3 桁低い消費電力による動作が見込まれている[1]。

AQFP 回路を構成する Josephson 接合のスイッチは殆どバイアス電流により引き起こされるため、微小な入力電流による状態の決定が可能であり、他の回路では達成できない大きな fan-out が得られると考えられる。しかしながら、以前に設計した AQFP 回路の Splitter では、4 分岐のものは正常動作が得られたが、8 分岐のものは正常動作が得られなかった[2]。今回は三次元インダクタンス計算ツールである InductEX を用いてバイアス配線による分岐配線への磁氣的影響を調査した。

InductEX を用いた計算結果を元に分岐配線を磁気シールドした新たな Splitter を設計した。このレイアウトを図 1 に示す。また、8 分岐の Splitter を活用できる回路として 3bit の 2 進数入力から 8 ($=2^3$)つの出力を選択する 3 to 8 Decoder も合わせて設計した。これを図 2 に示す。この回路の接合数は 220、回路面積は $1.21 \times 0.61 \text{ mm}^2$ となった。以上の回路により AQFP 回路における fan-out 8 の実証を目指す。

講演では、以前に設計した Splitter の誤動作の原因、改良した 8 分岐 Splitter やそれを用いた 3 to 8 Decoder の測定結果を報告する。

謝辞

本研究に使用された回路は、(独)産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム CRAVITY において AIST 2.5kA/cm² Nb Standard Process 2 (STP2)を用いて作製された。

参考文献

- [1] N. Takeuchi, K. Ehara, K. Inoue, Y. Yamanashi, and N. Yoshikawa, "Margin and Energy Dissipation of Adiabatic Quantum-Flux-Parametron Logic at Finite Temperature," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 23, no. 3, pp. 1700304–1700304, Jun. 2013.
- [2] 奈良間達也他, "断熱型磁束量子パラメトロン回路のための Splitter 回路セルの設計" 2014 年度応用物理学会春季学術講演会, 17p-D4-2

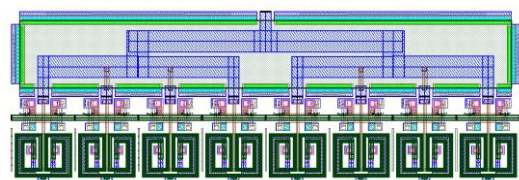


図 1 改良した 8 分岐 Splitter のレイアウト図

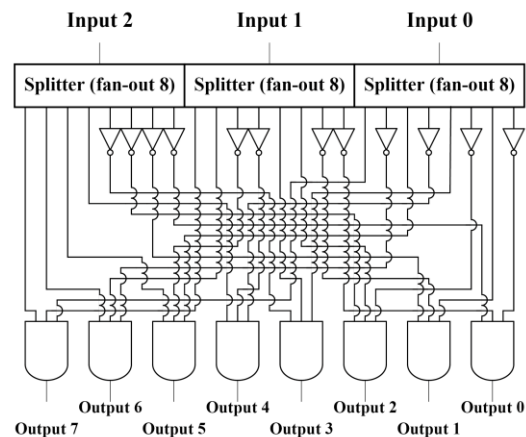


図 2 3 to 8 Decoder のブロック図