

結合型単電子振動子の位相ロッキングを利用した多値論理回路

Multi-valued logic based on phase locking in coupled single-electron oscillators

北海道大学 工学部 ○キコンボ A.K, 廣瀬哲也, 浅井哲也, 雨宮好仁

Department of Electrical Engineering, Hokkaido University ○Kikombo A.K., Hirose T., Asai T., and Amemiya Y.

E-mail: kikombo@sapiens-ei.eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】 単電子振動子において電子トンネルが生じるタイミング（位相）を変数とすることにより、多値論理システムを構成できる。ここでは4値システムを例にとり、単電子振動子でビット信号 $x \in \{0, 1, 2, 3\}$ を表す方法を提案する。

【回路構成】 単電子振動子を交流電圧で駆動すると電子トンネルの位相がロッキングされる（参考: R.A. Kiehl *et al.*, Appl. Phys. Letters, 67, 2494, 1995）。この現象を利用した4値ビット回路を図1に示す。5つの単電子振動子1-5を互いに容量結合してある。振動子1-4は振動子5を介して相互作用を行う。各振動子は高抵抗 R とトンネル接合 C_j の直列接続からなり、これにバイアス電圧（直流）と励振電圧（交流）を与える。

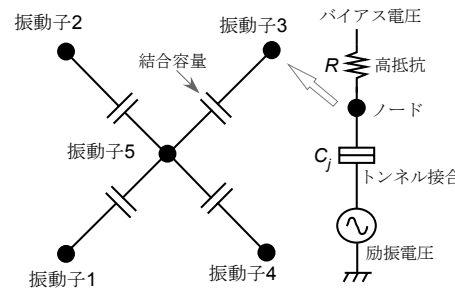


図1 4ビット信号を表す結合振動子回路

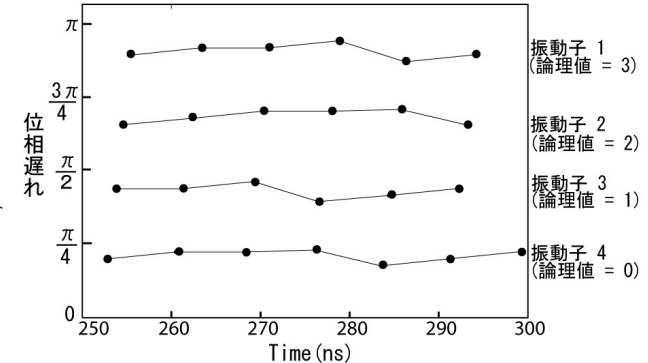


図2 各振動子のトンネリング位相遅れ（シミュレーション）

【回路の動作】 この回路では、励振周期ごとに各振動子で1回ずつ電子トンネルが発生する。トンネル発生時の位相は各振動子で互いに異なり、かつ励振電圧の位相に対してそれぞれ一定の遅れを持つ。動作シミュレーションの一例を図2に示す。この例では励振電圧の周期は8 nsである。図の横軸は経過時間であり、グラフの黒丸は各振動子1-4で電子トンネルが生じた時刻を表す。図の縦軸には（励振電圧の位相を基準として）各トンネル発生時の位相遅れを示す。4つの振動子の位相遅れ $\theta_1 - \theta_4$ は $0 < \theta_1 < \pi/4 < \theta_2 < \pi/2 < \theta_3 < 3\pi/4 < \theta_4 < \pi$ (θ_i の順序は任意) の範囲にロッキングされる。これらの位相を論理値0, 1, 2, 3とみなすことにより、4値のビット信号を表現できる。この回路では、4つの振動子の任意の一つを選んで任意の論理値を与えることができる。図2では振動子3に論理値1を与えてある。このとき他の3つの振動子は論理値0, 2, 3に対応する位相で電子トンネルを繰り返す。振動子3に他の論理値を書き込むと（すなわち他の位相でトンネルするようにトリガ信号を与えると）、回路はその状態が定常となるように状態変化して安定する。