

# 断熱的論理回路用周期波電源の評価

杏名 崇 (指導教員: 高橋 康宏, 関根 敏和)  
 岐阜大学 工学部 電気電子工学科

## 1. まえがき

現在の VLSI 設計は CMOS テクノロジーが主流であり, その CMOS 回路の低消費化を実現するために, 断熱的回路技術が存在する. 断熱的回路とは電源から回路に注入された電荷を再び電源へと回収し, 通常ではグラウンドに流れてしまう貫通電流による電荷エネルギーの再利用を行う技術である.

断熱的論理回路は, 共振回路から供給される電圧が動作電源となり, 消費電力の低減化を行っている. しかし, 断熱的論理回路は構成そのものが複雑になったり, 共振回路を含む周辺回路により消費電力が増加するなど問題がある. そこで, 断熱的論理回路を用いた VLSI の実用化を考慮した場合, 共振回路自体の低消費電力化が重要な課題となる. 本研究では, この断熱的論理回路用共振回路の検討を目的とする.

## 2. 共振回路

断熱的論理回路用の電源として使用される, MOS を使用した共振回路において消費エネルギーの低減を目指す. 図 1(a)および(b)は本研究で検討する共振回路である. これらの回路においてインダクタンス  $L$  とコンダクタンス  $C$  に対する比較と, MOS のチャンネル長  $L_{ch}$  とチャンネル幅  $W_{ch}$  の比に対する比較を行った.

表 1 はそれぞれの回路における  $V_{dd}$  の値と時定数を表している. 振幅をそれぞれ 3.6V 程度になるように  $V_{dd}$  をおいた. 2N-2LC 共振回路の特徴として  $V_{dd1}$  と  $V_{dd2}$  の電圧を変えることで, 2 出力の基準電圧を変えることができるが消費エネルギーが大きくなるので, ここでは等しいものとする. また周波数は 172.4kHz に固定するため  $L$  と  $C$  を表 1 の LC を満たしながら変化させる.

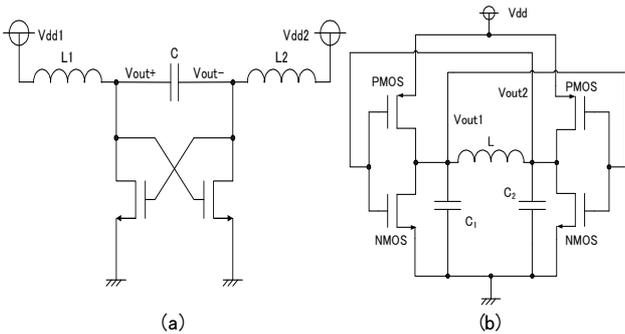


図 1 : (a) 2N-2LC 共振回路 (b) 2N2P-L2C 共振回路

表 1 : 各  $V_{dd}$  (V) 値と時定数

	2N-2LC 共振回路	2N2P-L2C 共振回路
$V_{dd}$ (V)	1.55	3.3
LC	$4.26 \times 10^{-13}$	$1.704 \times 10^{-12}$

### 2. 1 L/C に対する比較

それぞれの回路について  $L$  と  $C$  を変化させたときの消費エネルギーのグラフを図 2 に表す.  $L$  を大きく,  $C$  を小さくした方が消費エネルギーが少なくなることが分かる. しかし,  $L$  を大きくするほど波形が歪んでくるため, 限度がある. 2N-2LC 共振回路では,  $L \geq 100 \mu H$  で歪みが確認さ

れるため, ここでは  $L=50 \mu H$  を最適であるとする. 同様に 2N2P-L2C 共振回路では,  $L=50 \mu H$  を最適であるとする.

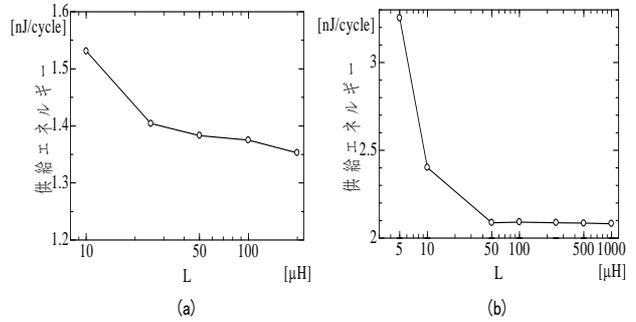


図 2 : (a) 2N-2LC 共振回路 (b) 2N2P-L2C 共振回路

### 2. 2 $L_{ch}/W_{ch}$ に対する比較

次に MOS のチャンネル長  $L_{ch}$  とチャンネル幅  $W_{ch}$  の変化に対する消費エネルギーの変化を検討する.  $L/C$  の値を前節で最適とした値にし, シミュレーションした結果を図 3 に表す.

$L_{ch}$  と  $W_{ch}$  の比を一定に保ちながらそれぞれを大きくすると消費エネルギーが増加していくことが確認されたので, 同じ比率ならばそれぞれの値は小さい方が良いといえる. そこで一方を  $0.18 \mu m$  に保ちながら比を変えた. 図 3(a) は NMOS の変化, 図 3(b) は NMOS の  $L_{ch}/W_{ch}$  を 10 とし, PMOS を変化させたグラフである. 図 3 より  $L_{ch}/W_{ch}$  の値を大きくしていけば, 消費エネルギーが減少することが分かる.  $L_{ch}$  を大きくすることは MOS のオン抵抗を増やすことにつながるため, 高抵抗の方が良いといえる. しかし今回検討を行ったモデルでは,  $L > 1.8 \mu m$  ではあまり現実的ではないため  $L/W$  を  $1.8 \mu m / 0.18 \mu m$  を最適値とした.

互いに  $L_{ch}/W_{ch} = 10$  としたときの消費エネルギーは 2N-2LC 共振回路は  $0.068 nJ/cycle$ , 2N2P-L2C 共振回路では  $0.106 nJ/cycle$  となった.

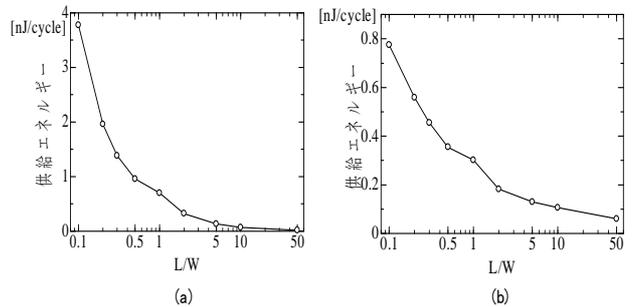


図 3 : (a) 2N-2LC 共振回路 (b) 2N2P-L2C 共振回路

## 3. むすび

2N-2LC 共振回路と 2N2P-L2C 共振回路について消費エネルギーに関する検討を行った.  $L/C$  の比較では消費エネルギーが同程度ならば  $L$  を小さく,  $L_{ch}/W_{ch}$  の比較では  $L_{ch}$  を大きくした方が消費エネルギーを低減できることが分かった.