

低電圧電流形センスアンプ回路における MOS トランジスタサイズの影響

石川 尚道・多田 昭晴*

岡山理科大学大学院工学研究科修士課程情報工学専攻

*岡山理科大学工学部情報工学科

(1996年10月7日 受理)

1. まえがき

LSI はコンピュータネットワーク等の通信、高度情報処理を支える主要なデバイスとして重要な役割を果たしている。LSI の実装密度を向上させ、装置を小型化する際に問題となるのはその発熱であり、LSI には低電力化が強く求められている。消費電力を低減するには電源電圧を下げる方法が有効である。

低電圧化はメモリ LSI にとって重要な課題である。メモリセルからの読み出し信号の検出に差動形センスアンプ（カレントミラー形センスアンプ）が多く用いられるがこの回路には電源電圧近傍の入力信号に対して著しく検出感度が低下する性質がある。^{1,2)}

マイコンや民生機器に使用されている LCD 駆動制御回路を内蔵した 8 ビットマイコン内の ROM のセンスアンプには従来、差動形センスアンプを使用していたがチップ面積が大きく、消費電流が大きい。

本研究では、より低電圧・低消費電流・チップ面積小を目的とし、電流形センスアンプ回路に使用される MOS トランジスタ (T_r) のサイズ（ゲート長： L ，ゲート幅： W ）を SPICE シミュレーションにより最適化を図る。

ROM については、実験的に書き換えを行なうため紫外線消去可能な EPROM を使用した。

2. センスアンプ回路

2.1 センスアンプ

DRAM, マスク ROM および EPROM 等のメモリセルでは、読み出し時にビット線に取り出せる信号量は数十～数百 mV と小さく、これを検出し、増幅するためのセンスアンプが必要となる。

2.2 センスアンプに要求される性能

センスアンプに要求される事項をまとめると、

- (1) 微小な電圧変化を感知できること
- (2) 動作速度が速いこと
- (3) 動作電源電圧範囲が広いこと
- (4) 消費電力が少ないこと
- (5) 占有面積が小さいこと

があげられる。^{3,4)}

2.3 電流形センスアンプ

電流形センスアンプ回路には共通して二つの大きな特徴がある。一つは入力信号電流によって出力電圧を制御できること、すなわち“電流—電圧変換”作用である。もう一つは入力インピーダンスが極めて小さいことである。¹⁾

2.4 センスアンプの比較

今回シミュレーションで使用したセンスアンプ回路と従来までの差動形センスアンプを比較したものを表1に示す。

3. 電流形センスアンプ回路の動作

図1に今回検討した電流形センスアンプ回路を、図2に入力信号と正常動作出力を示す。

まず、入力信号が0～250nsまでの間について考える。この区間ではリード信号 (PRB1) が“L”，セレクト信号 (PRB2) が“H”，ワード信号 (PRB3) が“L”となっている。この状態のとき M81 Tr と M88 Tr は ON となり、ピットラインを選択し、EPROM メモリーセル部へ電流がチャージされる。この時 PRB4 の出力は“L”である。

続いて、入力波形図の250ns～500nsの間では PRB1 が“H”，PRB2 が“H”，PRB3 が“H”となっている。この状態ではすでにメモリーセル部へのチャージは終わっているため PRB3 が“H”となり、M89 Tr が ON になり、PRB4 には“H”が出力される。

更に、PRB1 と PRB2 はそのまま、PRB3 が0nsで“H”それ以降は“L”という状態の時（セルにデータが書込まれているとき）についても誤動作が起きないかシミュレ

表1 差動形と電流形のセンスアンプの特徴

	電 流 形	差 動 形
MERIT	回路方式が容易 レイアウト面積小 消費電力小	高速化対応が可能 Vth, L, 温度に対してマージンあり
DEMERIT	温度特性に対するマージン小 高速化対応が困難	回路のチューニングが難しい レイアウト面積大 消費電流大

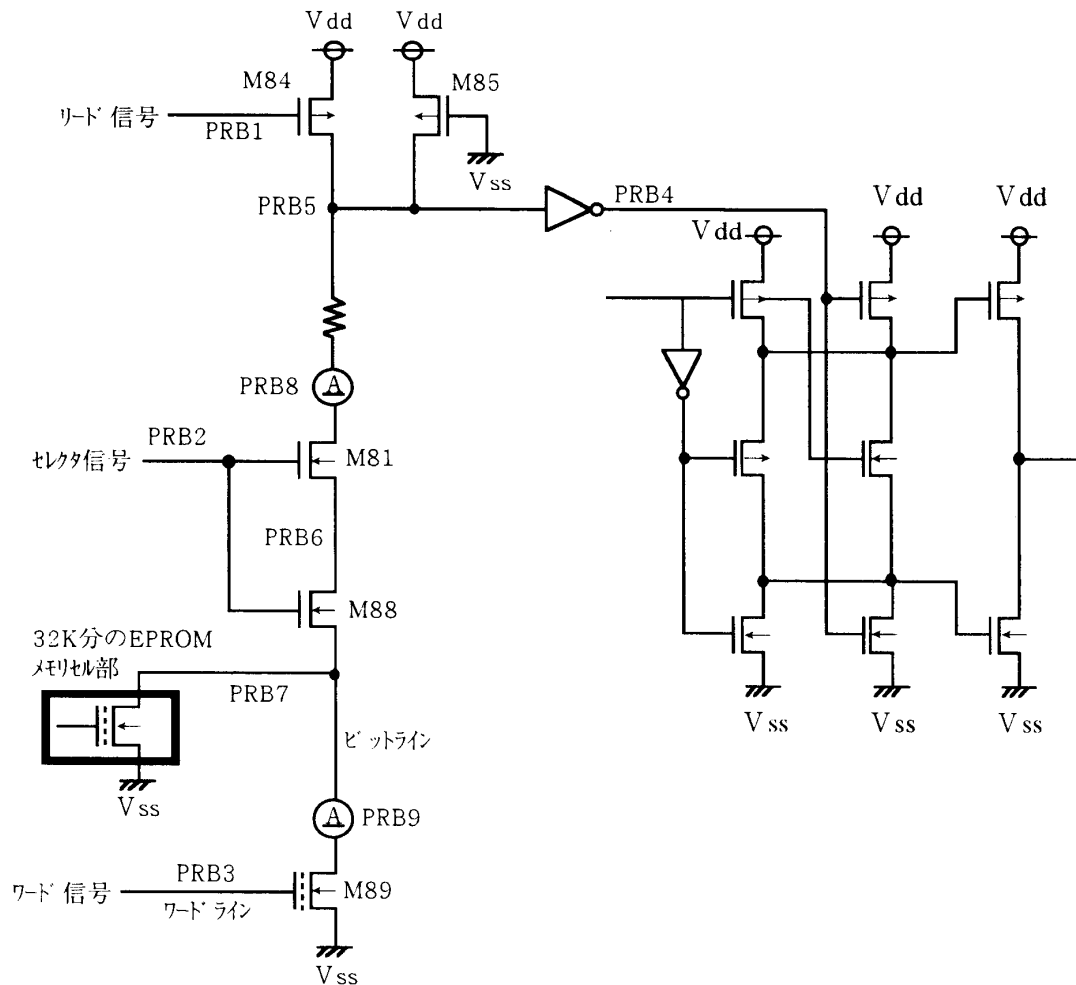


図1 電流型センスアンプ回路

ーションする。

次にメモリーセル部、入力信号、M84 Tr、M85 Tr およびバッファ回路についてその働きを説明する。

- メモリーセル部：ワードラインに“H”レベルの電位がかかり、任意のビットラインが選択されたときデータが読み出され、それがセンスアンプに送られる。ワードラインに“L”レベルの時は、フローティング状態になっている。
- リード信号：PRB1 が“H”の時にデータを読み出す。
- セクタ信号：任意のビットラインを選択する。
- ワード信号：ワードラインの“H”，“L”の決定。
- M84 Tr：この PchTr は EPROM メモリーセル部へ電流をチャージするためのものである。

M84 Tr の β (コンダクタンス) が大きいチャージ時間が短くなるので電流は瞬間的にたくさん流れる。このことはノイズを発生する原因となりやすい。そのため、 β を小さくしチャージスピードを緩める必要がある。しかし、チャージスピードを緩め過

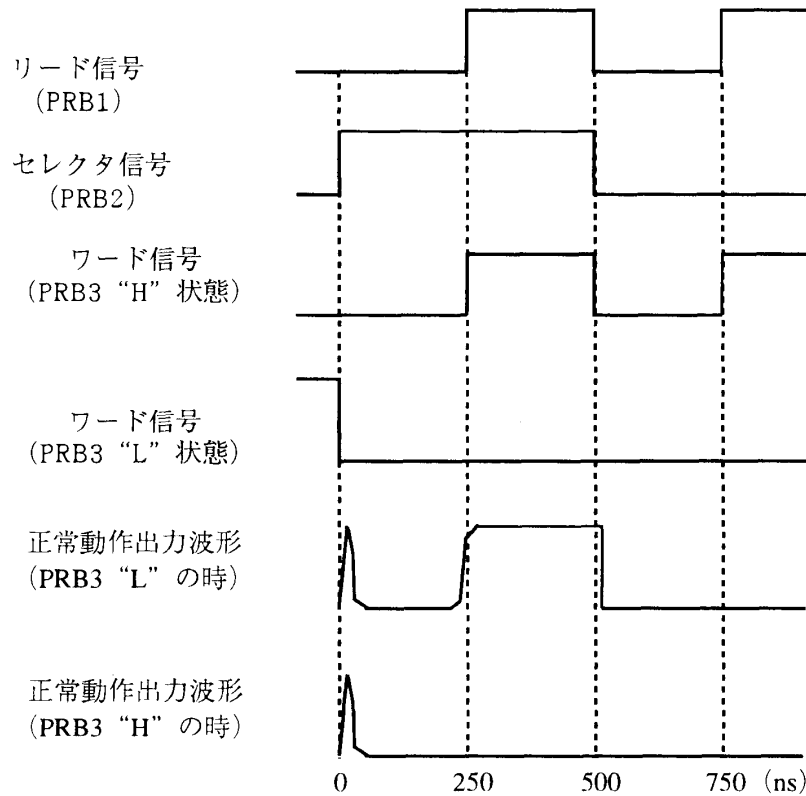


図2 各部の入力信号と正常動作出力

ぎると、PRB5が“H”になりきれず、“H”のみ出力され、誤動作の原因となる。

- M85Tr: この PchTr は PRB3 が OFF の時 PRB5 を “H” に保っておくためのものである。

M85Tr の β を小さくすれば、消費電流は小さくなる。しかし、 β を小さくしすぎると、PRB3 が OFF の時、メモリーセル部がチャージしきれていないと、PRB7 の中間電位の方に引っ張られて出力が反転してしまう。(M85Tr の β の値 \ll M89Tr の β の値の時)

- バッファ回路: このバッファ回路はブートストラップ回路とも呼ばれる。あたかも靴ひも (boot-strap) を編みあげるようにして、バッファ出力前段のロードトランジスタのゲート電位を ($V_{cc} + V_{th}$) 以上に昇圧し、バッファ出力を (高速に) V_{cc} 電位まで充電する。

4. シミュレーション結語

$V_{cc} < 1.8V$, $L < 10\mu m$, $W < 10\mu m$ という範囲で、(1)~(2)のトランジスタサイズを SPICE シミュレーションにより最適値を見い出す。

(1) M85Tr サイズの最適化

M85Tr の β を小さくして消費電流を抑える

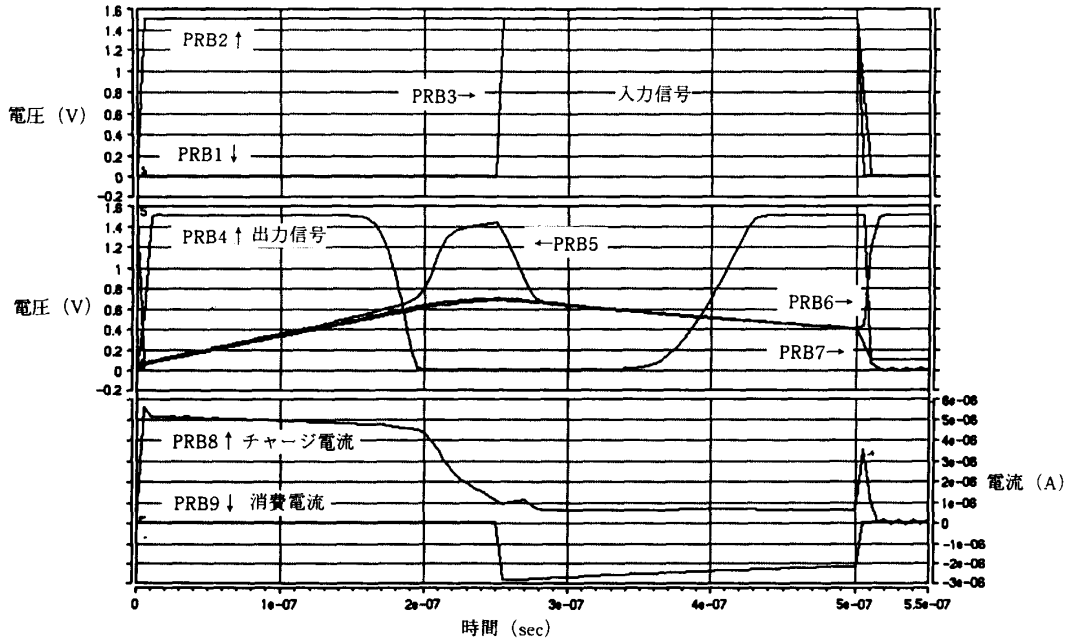


図3 シミュレーション結果

表4 電流形センスアンプ回路と差動形センスアンプ回路の比較

	差動形	電流形
Vcc	1.8V	1.6V
チップ面積比	1	1/3
消費電流	570 μ A	11 μ A

小さな値に押さえることができた。またチップ面積も約1/3に縮小できた。表4に今回検討した電流形センスアンプ回路と差動形センスアンプの比較したものを示す。

参考文献

- 1) 柴田信太郎：TECHNICAL REPORT OF IEICE ICD 95-28, pp.39-46, Jun.1995.
- 2) 柴田信太郎：電子通信学会論文誌 Vol.J78-C-II No.9, pp.473-481, Sep.1995.
- 3) 菅野卓雄監修, 飯塚哲哉著：CMOS 超 LSI の設計, 株式会社培風館, pp.186-191, (Apr.1989).
- 4) H.B.Bakoglu 著, 中澤喜三郎・中村宏監訳：Circuit, Interconnections, and Packaging for VLSI (VLSI システム設計), 丸善株式会社, pp.155-175, (Mar.1995).

Effects of MOS Transistor Size in Current Sense Amplifier for Low-voltage Memories

Naomichi ISHIKAWA and Akiharu TADA*

Graduate School of Engineering

**Department of Information and Computer Engineering*

Okayama University of Science,

Ridai-cho 1-1, Okayama 700, Japan

(Received October 7, 1996)

It is important thema for memory LSI to be low voltage. Differential sense amplifier (current mirror sense amplifier) is used to find reading signal from memory cell, but this circuit have fault that large tip size and large power.

This paper purpose low-voltage , low-power and reducing tip size, optimize MOS transistor size in cussent sense amplifier by SPICE simulation.

This circuit used EPROM that can erase by Ultraviolet rays to rewrite in experiment.