

## DC-AC変換によるオペアンプの 微小オフセット電圧測定技術

佐々木 優斗, 町田 恒介, 中谷 隆之 (群馬大学)  
佐藤 賢央, 石田 嵩, 岡本 智之, 市川 保 (ローム(株))  
王 建龍, 桑名 杏奈, 畠山 一実, 小林 春夫 (群馬大学)

# 研究目的

## 目的

半導体試験装置のための低レベルDC電圧測定

- $\mu\text{V}$ オーダー
  - EMFやノイズ(直流ノイズ、 $1/f$ ノイズ)が影響
- マルチチャンネルでの同時測定(Multi-site Test)

## 手法

DC-AC変換回路

- チョツパ技術 + FFT解析技術
- EMFやノイズを低減
- 数十チャンネル以上の同時測定可能

熱起電力 (EMF : Electromotive force)

# 半導体出荷時のテスト

IoT時代の端末用SoC → 低速高精度なオペアンプやADC

## 半導体製造出荷時のテスト

従来のDC電圧測定法

高精度なデジタル電圧計  
オペアンプ諸特性を測定するNull法



$\mu$ Vオーダー測定での問題

- 測定時間短縮や同時測定が必要  
→100円のチップでテスト時間1秒
- ノイズや熱起電力(EMF)による影響大

# まとめ

- DC-AC変換による低レベルDC電圧測定技術を提案
  - 0.2 $\mu$ V程度までの線形性を確認
  - 1 $\mu$ Vでは約2%, 0.2 $\mu$ Vでは約20%程度の測定誤差
  - テスト時間は最短で0.1秒まで確認
- マルチチャンネル化による同測の検討
  - 4chでの測定で1ch時と同等の線形性を確認
  - 最小周波数分解能での線形性を確認
  - 高調波や混変調を避ければ数十チャンネル測定も可

# Appendix

Q. DCをACに変換してるけど単にゲイン高くしてオフセットを測ればいいのでは？

A. 本DC-AC変換技術を用いると、

1) デジタイザオプションを搭載したデジタルテストで $\mu\text{V}$ オーダの低レベルなDC電圧測定が簡単なBOSTで可能となる。

- BOSTは、市販CMOSスイッチICと差動アンプとCR部品でOK.
- DC-AC変換COMS スwitchはデジタルpinから直接駆動

2) デジタルテストで $\mu\text{V}$ オーダのマルチチャンネル測定(同側)が簡単なBOSTで可能な点も大きなメリット

3) 直流オフセットを単に高い利得で増幅してというのは(多くの場合)高精度では測定できない

- 熱起電力、 $1/f$ ノイズ等の直流(近辺)のノイズが重畳されるからである。

# Q&A

Q. シールドボックスに入れる等、外部からのノイズは対策しなくてよいのか？  
(埼玉大 西澤先生)

A. FFT解析して特定の周波数成分のみ見るので、外部からのノイズの影響は小さい。  
特にそのようなことをしなくても $\mu\text{V}$ オーダーの直流電圧は測定できている。

---

Q. 増幅器の差動化と熱対策、それぞれどのくらい効果があった？  
(北陸先端大 金子先生)

A. 差動化によるスイッチングノイズの低減と熱起電力の低減は図で示した通りだが、  
それぞれ何dB低減したというデータは持ってない。

---

Q. 当初の回路ではスイッチング周波数によりスイッチングノイズが大小していたが、  
改良後の回路でもその傾向は見られるのか？(北陸先端大 金子先生)

A. 実験していない。

# Q&A

Q. 直流電圧の測定精度 $0.2\mu\text{V}$ で20%は実用的に良いのか？  
(北陸先端大OB 呉先生)

A. アプリケーションによる。オペアンプの微小オフセット電圧の測定を目的として $1\mu\text{V}$ までの測定を目標としたが、 $1\mu\text{V}$ では2%の測定誤差である。

---

Q. 1日単位など長時間におよぶ温度変化の対策はしているのか？  
(埼玉大 西澤先生)

A. 行っていない。熱起電力は温度差が問題となるので、回路全体が同じ温度で変化するなら熱起電力は発生しない。LSIテスターは温度コントロールされた場所に置かれるから大丈夫(小林先生)

---

Q. シングルチャンネルで測ったときと差は見られるか？(埼玉大 伊藤先生)

A. 有意な差は見られなかった。

# Q&A

Q. 高調波等を避ければ何チャンネルでも測定可能？(埼玉大 伊藤先生)

A. 可能だと考えている。

---

Q. ヒートシンクをつけないと、何故温度差が出る？(東工大 高橋先生)

A. スイッチングで生じる熱や抵抗の発熱、外部の気温等。

---

Q. ヒートシンクをつけないと駄目なのか？(埼玉大 伊藤先生)

A. 銅テープだけでも効果はあると思うが、つけた方が効果があると思う。

---

Q. それぞれの熱源による影響割合は？(東工大 高橋先生)

A. 今後検討します。