

FPGA とマイコンで制御する小型かつ低電力な BTI 評価用チップ測定系の定電圧電源回路の検討

Evaluation of Constant Voltage Power Supply Circuit in a Compact Measurement System for BTI Evaluation Controlled by an FPGA and a Microcontroller

中村遥香
Haruka Nakamura

中野洋希
Hiroki Nakano

岸田亮
Ryo Kishida

小林和淑
Kazutoshi Kobayashi

京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

集積回路の素子の大きさは年々微細化している。微細化による利点として、高集積化・低消費電力化・動作速度の向上などが挙げられるが、その一方で BTI (Bias Temperature Instability) による経年劣化が顕在化し、深刻な問題となっている。BTI とは経年劣化の主要因の 1 つであり、電圧や温度によるストレスを加えると、時間経過に伴ってしきい値電圧が増加する現象である。しきい値電圧劣化は電流電圧特性の変動や遅延時間の増加、発振周波数の減少などの悪影響をもたらす。回路使用時に誤動作を引き起こす。MOSFET を長時間使用する際は BTI の影響を考慮しなければならない。

本稿では、BTI による劣化を長時間(数年間)測定し続けることができる小型チップ測定系と、逆方向基板バイアスのための負電圧を生成する回路を設計し、その動作確認を行った結果を報告する。

2. 測定系概要

図 1 にチップ測定系の概略図を示す。UPS は瞬時停電や計画停電時に用いる。FPGA は測定結果(搭載 RO 数×16bit)をチップから取り出し、マイコンへ出力する。マイコンは測定結果を保持し、PC 接続時にその値を PC へ出力する。

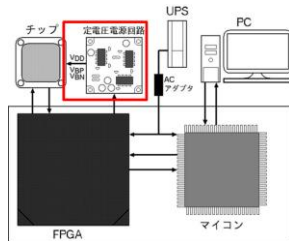


図 1. チップ測定系の概略図

定電圧電源回路は PWM 信号を用いて、定電圧をチップに供給する。チップに送る電圧は、電源電圧 VDD、PMOS のバックゲート電圧 VBP、NMOS のバックゲート電圧 VBN の 3 つである。通常は VBP を電源電圧 VDD に、VBN をグラウンド GND に固定する。逆方向基板バイアス (RBB) 印加時は、図 2 のように基板バイアスを設定するため、負電圧が必要となる。

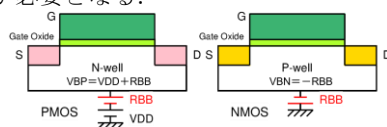


図 2. 基板バイアス制御(RBB 印加時)

図 3 に VDD と VBP 電源回路の回路図を示す。FPGA から電圧 3.3V、周波数 100kHz の PWM 信号を入力し、その Duty 比で出力電圧を設定する。オペアンプの負帰還とバイポーラトランジスタの電流増幅作用を用いて出力電圧を安定させる。

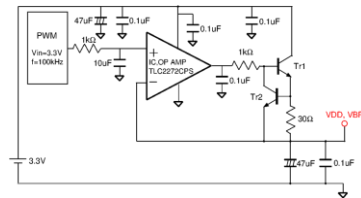


図 3. VDD と VBP 電源回路

3. 負電圧生成回路

図 4 に負電圧生成回路の回路図を示す。チャージポンプを用いて入力電圧 V_{in} を反転させる。抵抗を用いて分圧し、任意の電圧を得る。

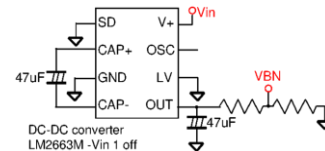


図 4. 負電圧生成回路

4. VDD と VBP 電源回路の出力電圧ノイズ検証

定電圧電源回路の検証のために、図 3 の回路で生成される電圧をチップに与え、チップに搭載されているリングオシレータ (RO) の発振周波数を測定した。市販の電源でも同様に測定し、発振周波数を比較することによって、自作の定電圧電源回路の精度を検証した。

測定の結果、図 3 の回路を用いた場合と、市販電源 (Agilent Technologies N6700B) を用いた場合の発振周波数は同じ分布となった。図 3 の回路から生成された電圧のノイズは、測定に影響のない程度であることが確認できた。

5. まとめ

提案した定電圧電源回路によって、市販電源を用いてチップ測定を行う場合と同程度の電圧安定性を実現することができた。今後はこの測定系を用いて長期 BTI 測定を行う予定である。

—文献—

岸田亮, 小林和淑 “NBTI による経年劣化の基板バイアス依存性測定と評価” DA シンポジウム, pp. 50-55, 2016/09