

四足歩行ロボットに搭載する

パルス形ハードウェアニューロンモデル集積回路の安定化に対する検討

A Study on Stabilization of Pulse-Type Hardware Neuron Model Integrated Circuits for Quadruped Robot

田邊 魁晟[†] 加藤 真也^{††} 高柳 拓生^{††} 森下 克幸^{††} 武井 裕樹^{††} 齊藤 健^{††}Kaisei TANABE[†] Shinya KATO^{††} Hiroki TAKAYANAGI^{††} Katsuyuki MORISHITA^{††} Yuki TAKEI^{††} Ken SAITO[†][†] 日本大学工学部精密機械工学科 ^{††} 日本大学大学院理工学研究科精密機械工学専攻[†] College of Science and Technology, Nihon University ^{††} Graduate School of Science and Technology, Nihon University

1. はじめに

ロボットの高度な歩行制御の実現には、センサから得た膨大な量の情報を計算・処理する必要がある。一方で、自律的に歩行する動物は体内に存在する神経系によって無意識下で歩行している。我々は生物の神経系をアナログ電子回路モデルで模倣し、ロボットに実装する研究をおこなっている[1][2]。先に、我々は四足歩行ロボットに搭載する Pulse-Type Hardware Neuron Model Integrated Circuit(以後 P-HNM IC と略記) Ver.1 を各回路の出力特性安定化を目的に開発した。しかし、Ver.1 では安定した出力特性を得ることはできなかった。

本論文では新たに P-HNM IC Ver.2 を作製し、再度出力特性の安定化に対する検討をおこなった。また、Ver.1 と Ver.2 の実測結果の比較より、Ver.2 が安定した出力特性を持つことを確認したため報告する。

2. P-HNM IC

図 1 に P-HNM IC の回路図を示す。 C_G と C_{IS} はチップ外に接続する構成とした。先に開発した Ver.1 の各回路定数はキャパシタ: $C_G=10[\text{nF}]$, $C_M=20[\text{pF}]$, $C_{IS}=100[\text{pF}]$, 電源電圧: $V_A=2.8[\text{V}]$, $V_{DD}=3.3[\text{V}]$, MOSFET: $M_{C1}=W[\mu\text{m}]/L[\mu\text{m}]=3/10$, $M_{C2}=1.2/10$, $M_{C3,4}=10/1.2$, $M_{IS1}=10/10$, $M_{IS2}=40/2$, $M_{IS3}=10/100$, $M_{IS4}=20/2$, $M_{IS5}=10/100$, $M_{IS6}=40/2$, であった。図 2[A]に P-HNM IC Ver.1 の実測結果を示す。図 2[A]より周期 T が変化し始める v_W が回路ごとに異なり、出力特性が安定していないことがわかる。この結果に対して我々は、MOSFET M_{IS2} の閾値電圧以下で回路を動作させていることが原因で、安定した出力が得られないと考えた。そこで、回路定数を変更し閾値電圧以上の範囲で回路が動作するように HSPICE を用いたシミュレーションにて最適な回路定数の選定を再度おこなった。回路定数を変更した Ver.2 の各回路定数はキャパシタ: $C_G=3.3[\text{nF}]$, $C_M=20[\text{pF}]$, $C_{IS}=8.2[\text{nF}]$, 電源電圧: $V_A=2.55[\text{V}]$, $V_{DD}=3.3[\text{V}]$, MOSFET: $M_{C1}=3/10$, $M_{C2}=1.2/10$, $M_{C3,4}=10/1.2$, $M_{IS1,2,3,4}=10/10$, $M_{IS5}=10/100$, $M_{IS6}=40/2$, である。図 2[B]に P-HNM IC Ver.2 の実測結果を示す。それぞれの実測結果を比較すると、P-HNM IC Ver.2 の v_W に対する周期 T の変化は回路 1~4 で極めて近く、同様の出力特性を持つことが確認できる。特に実際の四足歩行ロボットシステムでの使用を検討している $v_W=0.7\sim 1.2[\text{V}]$ の範囲にお

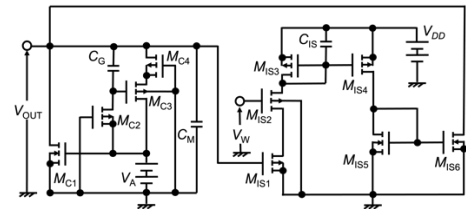


図 1 P-HNM IC の回路図

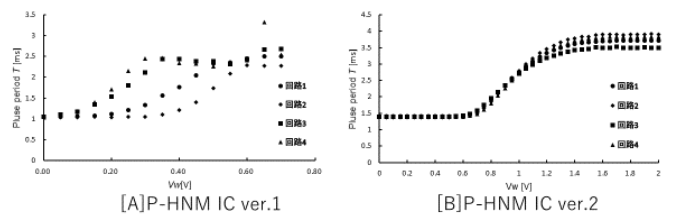


図 2 P-HNM IC Ver.1 と P-HNM IC Ver.2 の実測結果

いて、各回路の特性はほぼ一致していることが確認できる。以上の測定結果より、開発した P-HNM IC Ver.2 が四足歩行ロボットシステムの歩容の生成に利用可能であるといえる。

3. まとめ

本論文では、四足歩行ロボットに搭載する P-HNM IC の出力特性安定化に対する検討をおこなった。実測結果の比較より、先に開発した Ver.1 に比べ新たに開発した Ver.2 は出力特性が安定し、ばらつきが小さいため四足歩行ロボットシステムの歩容生成に利用可能であることを示した。今後は開発した P-HNM IC を四足歩行ロボットシステム実装する予定である。

謝辞

本研究は令和 2 年度日本大学学術研究助成金 総合研究の助成を受けました。また、本研究は、東京大学 d.Lab(旧 VDEC)活動を通して、日本シノプシス合同会社、日本ケイデンス・デザイン・システム社、メンター・グラフィック・ジャパン株式会社の協力で行われ、本チップ試作はオンセミコンダクター新潟(株)、凸版印刷(株)の協力で行われたものである。

参考文献

- [1] Y. Takei, et al.: "Development of quadruped robot generating animal-like gaits utilizing independent neuro-circuits" Proceeding of the 32nd workshop on circuits and systems, pp.222-227 (2019)
- [2] Y. Takei, et al.: "Non-programmed gait generation of quadruped robot using pulse-type hardware neuron models" Artificial Life and Robotics, Vol.26, Issue1, pp-109-115 (2021)