

2軸姿勢制御機能を有するCPG 2足歩行ロボットの駆動用回路に対する一検討

A Study on Circuit for Driving CPG Biped Robot Walking with Two Axis Posture Control

○南部祐紀¹, 竹前諒也², 佐伯勝敏³*Masanori Nambu¹, Ryoya Takemae², Katsutoshi Saeki³

Abstract: Central pattern generators, so called CPGs, are believed to exist in the spinal cord of animals and emit regular signals to control unconscious locomotion without brain intervention. In this paper, we investigate a low-frequency oscillation circuit for driving a biped robot that can maintain a two-axis posture with a small footprint and low power consumption, and that has an output that can be adjusted according to the posture of the robot. As a result, a CPG circuit whose frequency can be adjusted by voltage and a PWM signal generation circuit are fabricated, and it is clarified that low-frequency oscillation is possible.

1. まえがき

動物は移動の際に歩行や飛行などの周期的なパターン動作を脳を介さず脊髄から生成しており、その制御 (Central Pattern Generator, 以下 CPG) と呼ぶ。

この周期的な信号を電子回路上で模倣し、センサからの入力によってロボットの動作を制御することで不整地に適応した移動機構を小型・省電力に実現できる。

本論文では、2軸姿勢制御機能を有する2足歩行ロボットの制御チャートと、それを実現するための駆動用回路としてCPG回路とサーボモータ駆動用PWM信号発生回路について検討を行った。

2. 本論

2.1. ロボット制御チャート

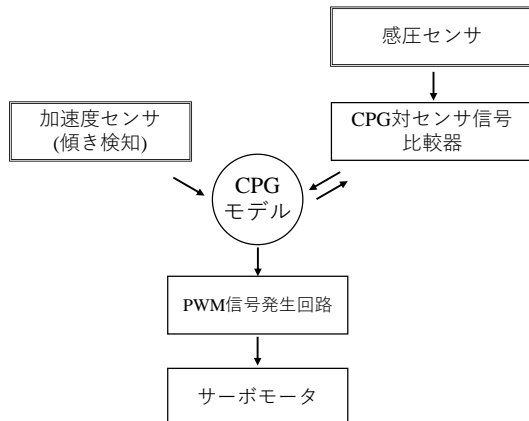


Figure 1 Robot control chart

Figure 1 にロボット制御チャートを示す。センサで検知したロボットの前後左右方向角度に応じて CPG 回路の周波数を操作してサーボモータの角度制御を行い、姿勢の立て直しを行う構成としており、CPG 回路には生体の発火現象を再現できる細胞体モデルを採用して歩行パターン用の低周波信号を生成している。

2.2. CPG 回路

Figure 2 に CPG 回路を構成する細胞体モデル回路を示す。同図は複数のセンサからの出力電流を合算して CPG 回路に入力して発振周波数に干渉させる他励振動作を採用している。これによりセンサから CPG 回路へとフィードバックを行えるようにした。パターンの生成周波数は 0.2~2Hz の範囲の低周波帯を想定しており、コンデンサ容量を 24pF に設定することでこの周波数要件を満たした。この細胞体モデルには全部で 6 つの入力部があり、周波数調整用入力部として V1 と V2 の電圧と NT 電流入力を備えている。

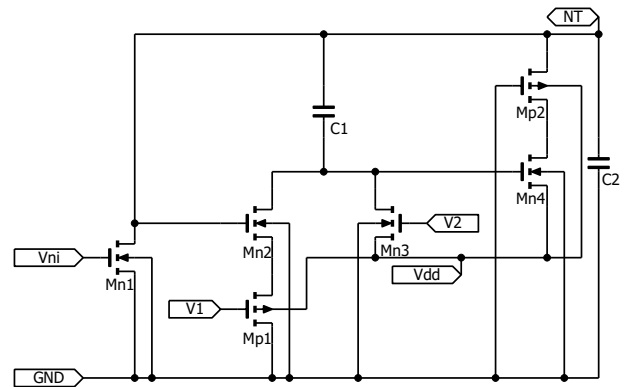


Figure 2 Circuit of cell body model

Figure 3 に、Vdd を 1.6V に設定して V1 を 0.9V~1.1V の範囲で 0.1V 毎に変動させたときの発振波形を示す。同図は V1 が大きいほどパルス幅が広がっており、電圧入力で歩行速度を変化できることを示している。

Figure 4 と Figure 5 にそれぞれ V1 と Vdd 電圧に対する発振周波数とパルス幅変化のシミュレーション結果を示す。Figure 4 は V1 が 0.8~1.2V の範囲内で変動するとき CPG 回路が 0.2~2Hz の周波数で発振することを示している。Figure 5 より細胞体モデルの Vdd が約 1.65V で発振パルス幅が最大となり、出来る限り最小

の回路実装面積で最大のパルス幅を得るには $V_{dd}=1.65[V]$ が適していることを示している。

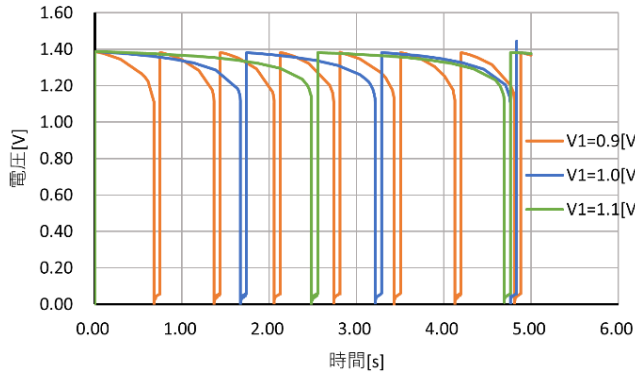


Figure 3 Waveform of V_{no} regard to V_1 parameters

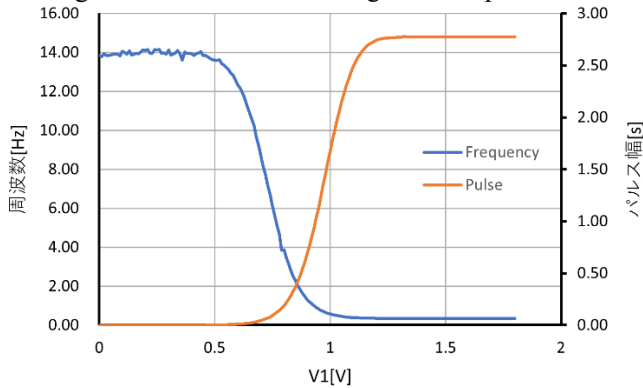


Figure 4 Oscillation frequency and pulse width with respect to V_1

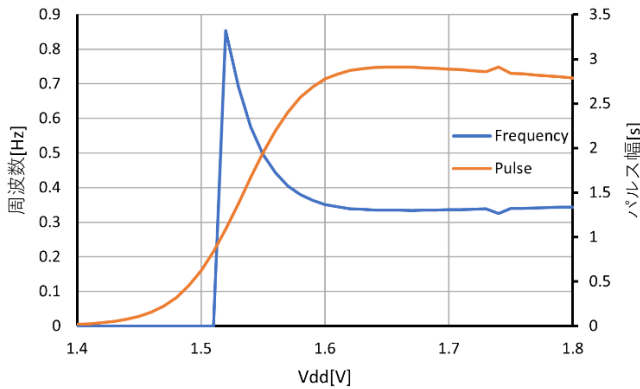


Figure 5 Oscillation frequency and pulse width with respect to V_{dd}

2. 3. PWM 信号発生回路

細胞体モデルでは周波数の安定性が高くなく、サーボモータ制御用の PWM 信号を作るには周波数揺らぎの存在が無視できない。そこで、シュミットトリガインバータ発振器を用いて周波数可変性を持たせた PWM 信号発生器を使用する。

Figure 6 にシュミットトリガインバータ発振器の回路図と、Figure 7 に V_{si} に対する発振波形を示す。同図では CPG からの信号を模した正弦波を V_{si} に入力したとき、その電圧に応じた周波数のパルス信号が V_{so} から出力されている。使用するサーボモータが全駆動域

で動作するための入力パルス幅範囲が $0.5\mu s \sim 2.5\mu s$ であるため、それに対応した出力が得られることを示している。

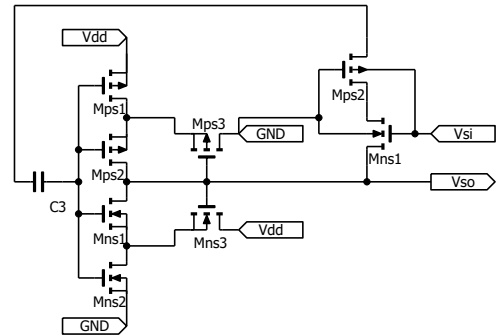


Figure 6 Schmitt Trigger Inverter Oscillator circuit diagram

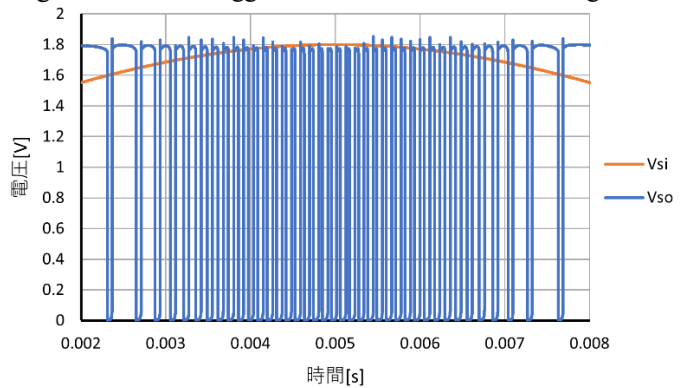


Figure 7 Waveform of V_{so} regard to V_{si} parameters

3. まとめ

今回は歩行運動用の CPG 回路とサーボモータ駆動用の PWM 信号発生回路を作成し、CPG 回路では $0.2 \sim 1\text{Hz}$ 、PWM 信号発生回路では $0.5\mu s \sim 2.5\mu s$ の周波数範囲の低周波信号が得られることを明らかにした。

今後は、CPG 回路の面積化と、周波数変動範囲調整用入力を備えた PWM 信号発生回路の作製、実働ロボットを使った歩行の際の各種モータの駆動用パラメータの設定を目標に取り組んでいく。

4. 参考文献

[1] Jimmy Or: "A Hybrid CPG-ZMP Controller for the Real-Time Balance of a Simulated Flexible Spine Humanoid Robot", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C, Volume.39, issue 5, page.547-561, 2009.

[2] Christophe Maufroy; Hiroshi Kimura; Kunikatsu Takase, "Biologically inspired neural controller for quadruped", 2007 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), page.1212-1217, 2007,

[3] Rafael Cortes de Paiva; Alexandre Ricardo Soares Romariz; Geovany Araújo Borges, "Neural oscillator for gait command of a humanoid robot", 2012 Fourth World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, page.118-122, 2012