

USB を用いた機械制御システムのための低コストな安全技術

○村上 真之^{*1)}、森田 裕介^{*1)}、益田 俊樹^{*1)}、佐々木 智典^{*1)}、坂下 和広^{*1)}

■キーワード 保護停止、緊急停止、USB、サービスロボット

1. 制御通信に USB を用いた機械制御システムのための**低コストで高信頼な保護停止機能**
2. **USB の通信を用いず**に USB インタフェースを介した汎用 PC から駆動部への緊急停止が可能
3. 制御系と独立した回路で USB の電源線あるいは信号線の電圧レベルを監視

■研究の目的

機械制御システムの多くは、システム全体の動作を統括する上位ユニットと、駆動部を制御する下位ユニットが汎用の通信バスで接続されている。サービスロボット分野では、ロボットを低コスト化して普及を図りたいことから、上位ユニットには安価な PC、下位ユニットとの通信には USB の使用が想定される。この構成において、システムの低コスト性を維持した上でのリスク低減手法を提案する。

■研究内容

(1) USB インタフェースを介した保護停止方法の検討

都産技研では、移動サービスロボット用の下位ユニットであるロボットベースを開発している。ロボットベースは、上位ユニット (PC) から USB 経由で速度指令を受け、駆動車輪を動作させる。ロボットベース内のマイコンの故障によって生じるロボットの危険事象に対し、PC のソフトウェアがロボットベースの駆動電源を直接遮断する保護停止機能は、リスク低減方策として有用である。PC とロボットベース間に冗長な配線を設けることなく、そのような機能を低コストかつ高信頼に実装する方法として、一つは、USB ケーブルの電源線 (VBus) の活用がある。緊急時に PC のソフトウェアが VBus の出力をオフに切り替え、ロボットベース側の電圧監視 IC が VBus の電圧低下を検出し、駆動用電源を遮断すればよい。ただし、ユーザーのソフトウェアが VBus の出力を制御できるのは、一部の組み込み用 PC のハードウェアに限られているのが現状である。もう一つの方法は、次に述べる USB ケーブルの信号線の活用である。

(2) USB のサスペンド機能を用いた保護停止

USB のサスペンド要求は、USB デバイスを低消費電力モードに移行するときに用いられ、PC のハードウェアに依存せず、ユーザーのソフトウェアによって制御できる。USB デバイス側でサスペンド機能をサポートするかは任意であるため、上位ユニットからの指令により駆動用電源を遮断する保護停止に USB のサスペンド要求を用いる。

USB では、データ転送がない場合もバス上では周期的に信号遷移が生じる。サスペンド要求があると、バスはアイドル状態になり、差動信号線の D+ と D- は、それぞれ電源レベルと GND レベルに固定される。図 1 は、保護停止機能を付加した下位ユニットの概略回路である。D+ 信号線にオープンドレイン出力のバッファ IC を接続し、D+ 信号が電源レベルを一定時間維持したときに駆動用電源を遮断する。USB の信号線への負荷接続は、通信に影響を与える恐れがあるため、バッファ IC (SN74LVC1G07、TI 製) を実装した評価基板を製作し、USB コンプライアンステストで評価した結果、ハイスピード及びフルスピードとも信号品質テストに合格した。図 2 は、ハイスピードの試験時のアイパターンである。

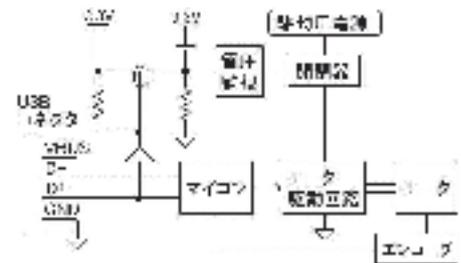


図 1. 下位ユニットの概略回路

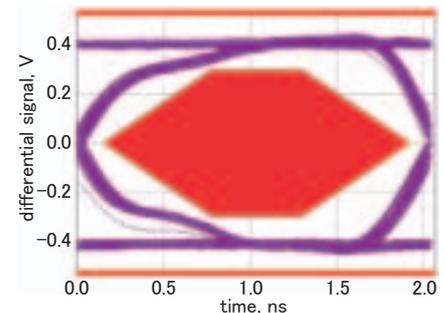


図 2. USB 信号のアイパターン

■研究の新規性・優位性

通常、下位ユニットのマイコンを別のデバイスで監視、あるいは、外付けの保護装置を搭載し、マイコンの処理を介さずに駆動部の動力を遮断することで機械システムの安全性を確保する。機械制御システムの分野によっては、計算能力が高い上位ユニットでしか危険を判断できない状況がある。本研究では、上位ユニットの PC か

ら保護停止を発動する機構を提案し、システムの低コスト性と高信頼性の両立を実現している。

■産業への展開・提案

- ① サービスロボットの保護停止に活用
- ② ユーザーアプリケーションによる VBUS の出力停止を可能とする汎用コンピュータの普及

■研究に関連した知財

・特願 2015-019615

*1) ロボット開発セクター