

ドラッグで配線できる基板による電子工作支援

秋山 耀* 宮下 芳明†

概要. 本稿では専用ペンのドラッグによって配線を行える基板を提案する. 縦5個横5個に並んだ正方形(インタフェース部)上に素子を設置し, 専用のペンでドラッグすることで結線・断線を行える. インタフェース部の接続関係をリレーで操作することにより, 配線を変更できる基板とした. また, PCと連携することでショート回避機能や回路の保存・読み込み機能を基板に付加することに成功した.

1 はじめに

筆者らはこれまで初学者のための電子工作体験支援の環境である Projectron Mapping を提案している [1]. これは, 電子部品に電気を流さず, 代わりにプロジェクションマッピングで動作を提示しあたかも動いている様に見せていた. [1]では主に擬似動作に注目していたが, 電子工作する際にドラッグによるインタラクションを取り入れたこともユーザに高評価であった. その一方で, 擬似動作できるのは発光素子(LED・豆電球), 発音素子(ブザー・バイブレータ)など, 一部の素子に限られていた.

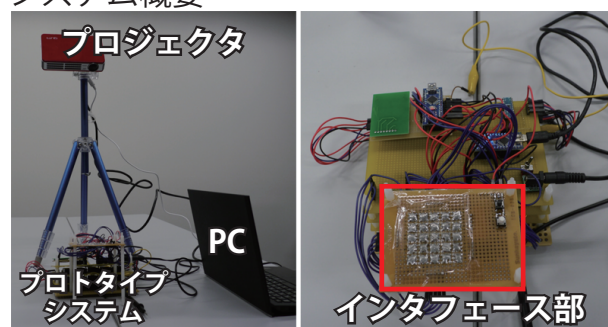
本稿では Projectron Mapping で好評だったドラッグ操作を用いて実際の電子回路を操作することを可能にした. 提案システムではプロジェクションマッピングによって擬似動作を行うのではなく, ドラッグ操作で実際にその通りに通電できる. また, Projectron Mapping より動作できる部品を増やすことができ, 発光素子だけでなく, モータなどのアクチュエータを操作できる. システムはスタンドアロンで動作するが, PCと接続することによって基板上に結線状況をプロジェクション表示できる. 今回は基板上の配線に対し, ショート回避や元に戻す・やり直しを行う機能を搭載したPCアプリケーションも制作した.

2 提案システム

提案システムはユニバーサル基板を模した形をしており, ドラッグ操作による結線・断線機能を持つ. 今回は専用のペンを用いてユニバーサル基板上をなぞり, それを導線として使用する設計とした.

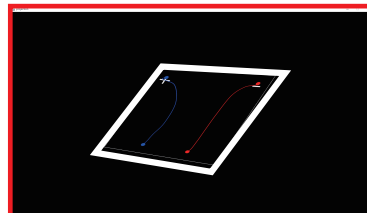
ユーザは, 提案システムの縦5個横5個に並んだインタフェース部上を専用ペンでなぞることで, なぞった位置に配線を作り, 回路を製作できる(図1). インタフェース部は, ユニバーサル基板(2.54mmピッチ)にはんだを正方形の形に盛ったもの(1つ

システム概要



操作インターフェース

プロジェクションマッピング用画面



redo undo save load



配線画面

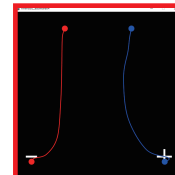


図 1. 提案システム

につき1辺3ホール, 計9ホール)を25個用意した. ユーザはこの25個のインタフェース部の電気的な接続関係を任意に設定でき, 通電することができる. インタフェース部のうち右下を5V, 左下をGND(0V)として利用する.

現在は2本まで配線を行うことが可能である. 5×5の小規模な基板としたため, 2本の配線で十分だと考えた. インタフェース部間の抵抗値は実測0.1Ω程度であり, これは十分に無視できる抵抗値だと考えている. また, システムは配線状況しか把握していないため, 電圧や電流などをモニタしていない.

また, 提案システムをPC上のアプリケーションと接続することで, 回路作成支援を付加することが可能になる. 接続中, ユーザはシステム上だけでなくPC上でも回路を製作できる. 基板の上部にプロジェクタを設置し, ユーザの行った配線を重畳表示

Copyright is held by the author(s).

* 明治大学理工学部情報科学科

† 明治大学総合数理学部

する。配線ごとに色を変更することで配線部をわかりやすくしている。また後述するショート回避機能などのアニメーションもプロジェクションマッピングで提示する。

PCアプリケーションでは、回路の保存・読込、取り消し・読み込み機能の他に、ショート回避機能が実装されている。これは、提案システムでショートを起こすような配線がされた時に、その配線を拒絶しショートが起きないようにする機能である。ユーザには爆発アニメーションを提示することで、その配線はやってはいけないことを知らせる。

3 実装

3.1 基板

インタフェース部 25 個はリレーを介して接続されていて、リレーがオンになるとそれらが導通する。SPI通信とシフトレジスタを用いることで、Arduinoによって多数のリレーを制御可能とした。今回はこの回路群を 2 個使用して 2 本まで配線を行える。

インタフェース部 25 個は Arduino のデジタル入力ピンに接続されている。配線に使用する専用のペンは Arduino の GND と接地されている。専用のペンがインタフェース部に接触すると、対応した入力ピンだけが 0V となるため、それを利用して入力を検知する。既に配線されているインタフェース部からドラッグを開始することで、同じ配線として配線部を拡張できる。配線されていないインタフェース部からドラッグすることで新しい配線として結線できる。配線が交差した場合は、新しく製作した配線が上に多層表示される。また、斜めに配線することもできる。違う配線同士が隣接しても通電することはない。配線モード中、配線上をタップすることで、断線を行える。断線が終わると自動で実行モードに移行する。またそれぞれの動作を行った際に対応した効果音を発する。

配線状況は逐次 Arduino 中にある不揮発性メモリ、EEPROM に保存される。これにより電源を切っても次回起動時に配線状況を復元でき、スタンドアロンでの動作を可能にした。

3.2 PC アプリケーション

PC アプリケーションでは、提案システムが送る配線状況を元にプロジェクションマッピングを行い、ユーザに現在状況での内部配線を表示する。PC とはシリアル通信で接続されている。PC が配線状況を受信した際、シミュレータ上でショートの有無を調べる。今回は 5V ピン（インタフェース部の右下）と 0V ピン（インタフェース部の左下）が同じ配線でつながれていた場合にショートと判定した。もしショートしていた場合は、内部配線を行わないよう配線削除要求し、回路爆発のアニメーションを再生

する。ショート原因の配線を取り消されたあとで内部配線は再開される。プロジェクションマッピングの領域は四角形となっており、四角形の頂点をマウスで操作することで提案システムのインタフェース部に合わせることができる。

4 関連研究

本稿の提案システムのように構成をプログラミングできる集積回路、リコンフィギュラブル・ハードウェア [2] として FPGA がある。また、IC 内部で回路をプログラミングできるマイコンとして PSoC も存在する。これらはとても提案システムと似たものとなっている。しかし FPGA は素子であって基板ではないため、FPGA の外に構成される回路に関しては影響をおよぼすことができない。その点では提案システムは FPGA の適応範囲を基板全体まで広げることが可能にしたともいえる。

提案システムは、ユニバーサル基板を拡張したものだが、それに対しブレッドボードを拡張した研究として落合の Visible Breadboard[3] や宮下の HMMBB[4] がある。Visible Breadboard は回路中の電圧を AR 的に視覚化することで、新たな発見と感動を共有し電気回路を触ることの喜びを与えることを目的とした。HMMBB は断線箇所があればシステムが自動で配線し直す機能によりユーザのモチベーションを維持することを目的とした。

5 展望

今後はシステムでもっと大きな規模の回路を扱えるようにしたいと考えている。また、システムを応用することでインターネット上から自由に配線を変えられる未来が来ると考えている。

謝辞

本研究は、JST、COI の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 秋山耀, 宮下芳明. プロジェクションマッピングによる電子工作体験支援. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.20, No.2, pp.83-86, 2015.
- [2] 末吉敏則. リコンフィギュラブル・ハードウェアの動向 (VLSI 回路, デバイス技術 (高速, 低電圧, 低電力)). 電子情報通信学会技術研究報告. SDM, シリコン材料・デバイス, Vol.104, No.248, pp.31-36, 2004.
- [3] 落合陽一. 「電気がみえる」デバイス Visible-Breadboard. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15, No.3, pp.463-466, 2010.
- [4] 宮下芳明. フィジカルコンピューティングへのモチベーションを向上させるブレッドボード, 夏のプログラミング・シンポジウム報告集, pp.1-4, 2010.