

Minecraft Redstone 回路を用いた回路教育環境の構築

吉田 彩乃[†]
石川工業高等専門学校[†]

松本 剛史[‡]
石川工業高等専門学校[‡]

1 はじめに

Minecraft[1] は、プレイヤーがサバイバルや建築を自由に楽しめるゲームである。ユーザによる機能拡張の自由度が高く、ビジュアルプログラミングによってゲーム内のオブジェクトを制御しながらプログラミングを学習する例を始めとして、様々な分野での教育活用事例が報告されている。

本校電子情報工学科におけるデジタル回路教育では、ハードウェア記述言語を用いた回路シミュレーションや FPGA を用いた実回路での動作確認の演習を取り入れている。しかし、これらの演習では、AND や OR といった個々の論理セルにおける論理値を直感的な方法で見ることや実際に論理セルが配置配線された状態で回路が動作する様子を見るのが難しい。Minecraft では、Redstone 回路と呼ばれる一種の論理回路を実現できる。この Redstone 回路では論理値の 0/1 を黒/赤の色として見分けることができるため、論理セルが並んだ状態で実際に回路が動作する様子を見るができる。また、Minecraft ワールド内への配置・配線の方法を様々に変えることにより、配置・配線の違いが回路性能に与える影響などの学習への発展も考えられる。以上より、本研究では、演習で扱う程度の規模の回路を Redstone 回路として Minecraft 内に実装する環境を構築し、いくつかの回路例を示す。加えて、これを用いるこ

とによって可能となる学習内容や発展的な用途について考察する。

2 Redstone 回路

2.1 Redstone 回路を用いた論理回路

Redstone (RS) 回路とは Minecraft 上で論理演算を行う回路であり、RS ダスト、RS トーチ、RS リピーター等を組み合わせて作られる。RS ダストは、回路における導線に相当し、RS 信号を伝えることができる。RS 信号はレバーや RS トーチから供給され、RS ダストを伝わるにつれて減衰し 15 マスで強度が 0 になる。そのため、15 マス以上の伝達では RS リピーターを用いて強度を回復させる必要がある。

図 1 に RS 回路例を示す。例ではレバーを入力とし、出力をランプで表している。NOT 回路では入力が 0 の時にランプが点灯して出力が 1 となり、入力が 1 の時はランプが消灯して出力が 0 であることが分かる。

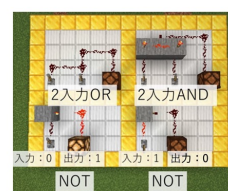


図 1 基本論理を実現する Redstone 回路例

2.2 集積回路との類似点および相違点

RS 回路では論理セルごとに材料数や面積が異なるため、集積回路でトランジスタ数や面積を最小化するように、面積や材料コストの最小化を議論できる。また、RS リピーターにおいて遅延が生じるため、集積回路と同様に、回路遅延や信号到着のタイミングを議論できる。これらの類似点により、集積回路設計における面

Development of a Circuit Education Environment Using Minecraft Redstone Circuits

[†] Ayano Yoshida, National Institute of Technology, Ishikawa College

[‡] Takeshi Matsumoto, National Institute of Technology, Ishikawa College

積や信号タイミングを RS 回路を用いて分かりやすく学習することが期待できる。一方で、RS 回路では再現できない性質もある。例えば、集積回路では面積の大小によって次段の回路に対する駆動力が異なるが、RS 回路では RS トーチや RS リピーターの出力する信号強度は同じであるため、そのような差は見られない。

3 Redstone 回路を用いた回路教育環境

3.1 Redstone 回路合成システム (図 2)

回路は同じ高さの論理セルを並べるスタンダードセル方式とし、基本論理の RS 回路から成るセルライブラリを作成する。ここで、セル面積は各セルの材料とその数量に基づく材料コストとする。回路記述をフリーの論理合成ツール yosys に入力して面積最小合成を行うことにより、材料コスト最小の RS 回路が得られる。論理合成ではセル間の接続関係が決定されるが、実際にゲーム内に RS 回路を作るためには、各セルを置く位置を決め、セル間を配線する必要がある。そこで、焼きなまし法によってセル間の配線長の合計が最小化された配置を求め、さらに、得られた配置に対する配線経路を求めることによって配線を決定する。

Minecraft 内で配置配線結果の座標に RS 回路の材料を生成するために function コマンドを使用する。function コマンドは、複数のコマンドをまとめて実行でき、セルや配線の材料を生成するための一連のコマンドを 1 つの function コマンドとしてまとめて実行できる。

3.2 回路合成例

前節のシステムで合成した回路例として、これまでに車両感応式信号機と時間設定可能なタイマーを作成した。回路規模は、前者が 50 セル、後者が 150 セルであり、いずれも Verilog HDL による回路記述をシステムに与えて回路合成を行い、Minecraft 上で正しく動作することを確認できた。

3.3 本環境を用いた回路教育

本システムを用いることにより、学生が設計した回路の Verilog HDL 記述から RS 回路を

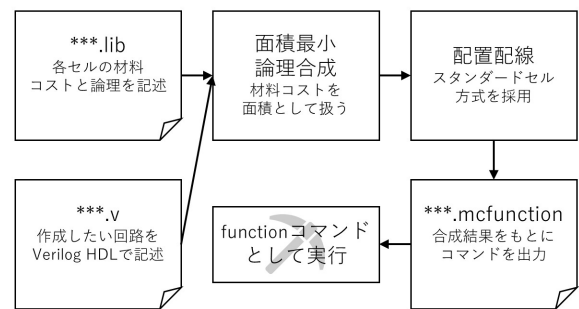


図 2 Redstone 回路自動生成の流れ

自動合成し、Minecraft 上での動作確認が可能となる。これを用いて、自分の設計した回路が、どのように AND や OR の論理セルで実現され、それらがどのように配置・配線されて動作するのか、を信号値を目視で確認しながら学ぶことができる。また、設計自動化の分野では設計ツールの性能を競うコンテストが実施されているが(例えば、[4] など)、本システムの一部を改変する形で、論理合成、配置・配線の性能を競うコンテスト形式の演習も可能ではないかと考えている。

4 まとめ

本稿では、論理回路を Minecraft Redstone 回路として実現することにより、より直感的に回路動作を学習できることについて述べ、Verilog HDL による回路記述から Redstone 回路を自動合成するシステムを示した。今後は、本稿で述べたシステムを実際に回路演習で使用し、その効果を検証する予定である。

参考文献

- [1] Minecraft Official Site, 入手先 <<https://www.minecraft.net/>> (参照 2022-1-7).
- [2] 尾崎 巧将, 小川 勝史: 回路構築学修システムの開発, 2020 年度情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, E-06 (2020).
- [3] O'Brien, F. et al: Minecraft HDL, available from <<https://github.com/itsFrank/MinecraftHDL/>> (accessed 2022-1-7).
- [4] 島村光太郎 (編): LSI の配線問題 -DA シンポジウムの配線問題コンテスト-, 情報処理, Vol.59, No.3, pp.222-247 (2018).