

学籍番号 氏名	V19097 高橋巧実	指導教員	藤枝 直輝
題目	Web ブラウザ上で動作する HDL 学習環境の検討		

### 1 研究背景と目的

年々複雑になるデジタルシステムの発展を背景に、HDL (Hardware Description Language) の学習はますます重要になっている。そのため HDL を使用した抽象的な設計が求められており、企業などでも HDL を使用した回路設計が行われている。HDL を学習する上で必要なソフトとして Vivado や Quartus といった FPGA 開発ツールや、フリーのシミュレータと波形表示プログラムの組合せが無償で利用できるが、PC の性能や OS 環境によっては利用が難しく、操作面のハードルが高いといった問題がある。

本研究の最終目的は、PC の本体環境に依存しない Web ブラウザ上での HDL オンラインプログラミング環境の作成である。本研究では、そのツールの一部となる、波形データをブラウザで表示するシステムについて検討する。

### 2 関連研究

本研究の関連研究は、オンラインプログラミングツールと HDL シミュレータ+波形表示アプリに分けられる。

オンラインプログラミングツールとして paiza.io、CodeSandBox が挙げられる。paiza.io は様々な言語に対応しており、CodeSandBox は JavaScript とそのフレームワークに対応している。しかし、こうしたツールで HDL に対応したものは、著者が知る限り存在しない。HDL シミュレータ+波形表示アプリの組合せにはシミュレータである VHDL や Icarus Verilog と、波形表示アプリである GTKwave が挙げられる。こちらは、各シミュレータで HDL を実行した際に出力される VCD (Value Change Dump) ファイルを波形表示アプリで表示する。これらのアプリはブラウザ上では動作せず、動作端末でのダウンロードが必須となる。

### 3 提案手法

本研究では、既存の波形データのビューワやパーサについて、提案環境での波形データの表示や読み込みに使用できるものがないか、調査を行った。その有望な候補として、JSwave [1] と d3-wave [2] を挙げる。

JSwave は JavaScript のフレームワークの 1 つである electron を使用したデスクトップアプリケーションである。このアプリケーションは大きく 2 つに分かれており、parser という VCD ファイルを読み出して JavaScript の内部データ表現である JSON 形式に変換する部分と、parser から出力されたデータを使い波形を出力する部分に分かれている。しかし、electron でデスクトップアプリケーションとして動作するように作成されているため、ブラウザで動作させることができない。d3-wave は JSON 形式で決められたデータを送ることにより波形を表示する JavaScript ライブラリである。しかし、VCD ファイルの読み出し機能がないため、単体動作をすることができない。

以上の調査結果から、本研究では JSwave の一部である parser を利用して VCD ファイルを読み出し、d3-wave で表示する方法を取る。しかし、parser が出力する JSON と d3-wave が必要とする JSON とでは、形式が異なる。前者は時刻ごとに、その時刻で変化する信号とその値を列挙するが、後者は信号ごとに、信号がいつどの値に変化するかを列挙する。本研究では、この形式変換のためのアルゴリズムについても検討した。

### 4 結論

本研究では Web ブラウザ上における HDL 学習環境の提案を目指し、その一部分であるブラウザ上の VCD ファイルの読み出し及び波形の表示について検討を行い、JSwave と d3-wave を組み合わせて用いることを提案した。JSwave の VCD ファイル読み出し部分のプログラムを抽出し、ブラウザのコンソール上で実行結果を確認することができた。また、読み出したデータを d3-wave が必要とする形式に変換する方法についても検討した。しかし、その方法をプログラムとして実装することはできなかった。

今後の課題として、ブラウザ上での波形の表示や HDL 編集機能の構築、サーバー側の HDL シミュレータの構築、UI 調整などがある。

### 参考文献

- [1] kwf37, JSwave, <https://github.com/kwf37/JSwave>, 2023-01-29 参照  
 [2] Nic30, d3-wave, <https://github.com/Nic30/d3-wave>, 2023-01-29 参照