

第5章 C言語プログラムをVerilog HDLのRTLにトランスレートして性能を評価

新世代オープン・ソース・コンパイラ LLVMで高位合成を試す

石原 ひでみ Hidemi Ishihara

高位合成 (High Level Synthesis) の世界も、いろいろな言語が使われるようになってきました。FPGAベンダから提供されている代表的なツールである Vivado HLS (Xilinx社) はC言語から Verilog HDL/VHDLなどのRTLに変換でき、Altera SDK for OpenCL (Altera社) は、GPUなどで広く採用されている OpenCLが使われています。筆者はその中でも、オープン・ソース・コンパイラ LLVMでC言語から Verilog HDLへの合成に注目しています。

1. 新世代コンパイラLLVM

● LLVMとは

LLVMとはLow Level Virtual Machineの略語ですが、一般的にソフトウェア用のコンパイラとして知られています。LLVMについては、姉妹誌Interface 2015年3月号「高性能でフリー！新時代コンパイラ入門」に掲載されているので、詳細はそちらを参照していただき、ここではLLVMについて簡単に解説します。

LLVMの構成を図1に示します。LLVMは一般的にソフトウェア・コンパイラとして、プリプロセッサ、字句解析、構文解析、意味解析、最適化、コード生成から構成されます。入力ソース・コードを意味解析す

るまでがフロントエンドで、LLVM-IRという中間言語に置き換え、ミドルエンドと呼ばれる部分で最適化を行い、バックエンドで最終ターゲットであるCPUなどのバイナリをコード生成するものになっています。

フロントエンドでは、C言語だけでなくさまざまな言語を中間言語に変換可能です。バックエンドもデフォルトではSPARC、MIPS、Power系のCPUバイナリを出力しますが、CPUバイナリに限ったものではありません。バックエンドを追加すればC言語、Pythonなどのソースを出力できます。つまり、バックエンドでVerilog HDLで出力できるようにすれば、C言語(C言語に限らないが)からVerilog HDLに変換できるということです。

● Vivado HLSもSDK for OpenCLも内部はLLVMが使われている

Xilinx社のVivado HLSやAltera社のSDK for OpenCLも、ログやインストール・ディレクトリを眺めてみるとバックグラウンドはLLVMを使用していることが分かります。Xilinx社の場合、Vivado HLSは3.1をベースとしていて、インストールしたディレクトリのlnx64/tools/clang/bin/にllvmのツールを見られます。Altera社は3.0をベースとしていて、インストールしたディレクトリのhld/linux64/lib/にlibLLVM-3.0.soがあります。

● 最新版LLVMの入手

現在、LLVMは3.6.1がリリースされています。LLVM 3.7は開発中ですが、次のコマンドで開発リポジトリから入手できます。

```
% svn co http://llvm.org/svn/llvm-project/llvm/trunk llvm
```

Ubuntuであれば次のコマンドのように、apt-getでも簡単にLLVMをインストールできます。Ubuntu 14.04では3.4.1が、15.04では3.6.0がインストールされます(執筆時のバージョン)。

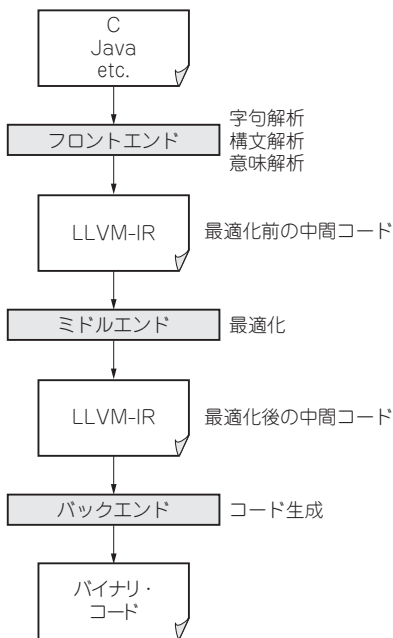


図1 LLVMの構成