

ProMic_01 – Ein Mikroprozessor für FPGA-Anwendungen

Karim Limam **ProMic ist ein virtueller Mikroprozessor, der von der Firma Microcolor entwickelt wurde, parametrisierbar ist und leicht als fertiger Mikroprozessor in einem FPGA oder als IP in großen Anwendungen eingesetzt ist.**

Die Verfügbarkeit von FPGAs, die mehrere hunderttausend Logikgatter enthalten, hat die Möglichkeiten der Entwicklung von System-on-Chip erweitert. Heute ist es möglich komplexe Schaltungen, die früher nur in ASICs integriert wurden, in einem einzigen FPGA zu implementieren. Die Entwicklung von großen Systemen in einem einzigen Chip erfordern immer mehr die Benutzung von komplexen IPs, die für kleine und mittelständische Betriebe nicht immer leicht zu handhaben sind.

Aus dieser Feststellung und mit der finanziellen Hilfe von vier Partnern, des europäischen Programms JESSICA und der Region Lorraine, hat die Firma Microcolor einen virtuellen RISC-Mikroprozessor entworfen, der speziell für die Integration in komplexen FPGAs entwickelt wurde. Microcolor möchte mit dieser neuen IP die Benutzung von Mikrocontrollern in den Applikationen der kleinen und mittelständischen Unternehmen erleichtern.

ProMic ist vollständig parametrisierbar (Wortbreite zwischen 8 und 16, Anzahl der internen Register zwischen 8 und 32, ...) und konfigurierbar (der Instruktionssatz kann modifiziert werden) und kann in Form einer synthetisierbaren IP oder einer technologie-abhängigen Netzliste erhalten werden.

ProMic ist nicht nur einfach Konkurrenz zu den kleinen Mikroprozessoren wie dem 8051, Z80 oder 68HC05 oder 16-bit-Mikrocontrollern, er stellt vielmehr eine Familie von Mikroprozessoren dar, die eine bessere Anpassung der Hardware an die Applikationen ermöglicht. Der Mikroprozessor ist mehr für Steuerapplikationen gedacht, wo eine leichte Bitverarbeitung und schnelle Registermanipulationen wichtiger als Intensivrechnungen sind. Die Parameter, die je nach Anwendung geändert werden können, sind vor allem:

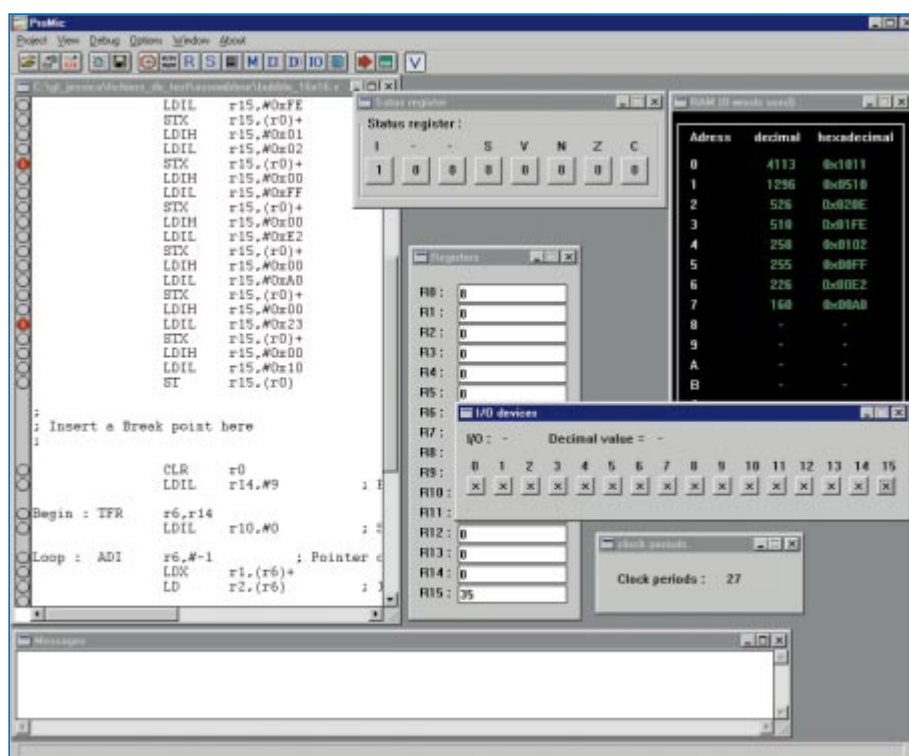


Bild 1: Softwareentwicklungsschnittstelle

- ▷ Wortbreite zwischen 8 und 16 bit,
- ▷ Anzahl der internen Register zwischen 8 und 10,
- ▷ Höhe des Stacks zwischen 1 und 24,
- ▷ Anzahl der Hardware-Interrupts,
- ▷ Breite der RAM-Adresse,
- ▷ Breite des Programm-Zählers (16 oder 24),
- ▷ Anzahl der Eingabe-, Ausgabe- und E/A-Ports und ihre Breite.

Alle diese Parameter können vor einer Synthese in einem einzigen VHDL-Package leicht modifiziert werden.

Es ist auch möglich Instruktionen wegzulassen oder hinzuzufügen. Alle Instruktionen sind, unabhängig von der Wortbreite, auf 16 bit codiert. Das wurde durch die Wahl eines reduzierten Befehl-

satzes (RISC) möglich. Dieser enthält 47 Instruktionen, die aber eine große Flexibilität und leichte Bitbearbeitung aufweisen.

Die interne Architektur des Mikroprozessors ProMic basiert auf einer Generalpurpose-Registerbank, einer Pipeline-Struktur und einer Harvard-Architektur. Die Kombination dieser Komponenten läßt hohe Frequenzen erreichen (30 MHz für die meisten der FPGAs und 70 MHz in einem ASIC (Tabelle 1) und eine im Durchschnitt um 50% schnellere Ausführung von Standard-Routinen bei derselben Betriebsfrequenz (Tabelle 2).

Im Rahmen des Entwurfs dieses Mikroprozessor-Cores wurden Schnittstellen (I²C, PWM, Timer/Counter, UART) beschrieben, die für die Benutzung als

	ProMic 8x8	ProMic 20x12	ProMic 32_16
Flex 10K	34	22	25
Apex 20K	38	36	32
Virtex	68	31	37
Virtex E	41	40	43
ProAsic	26	25	23

Tabelle 1: Abgeschätzte Betriebsfrequenzen in MHz

Peripherien, in einem Mikrocontroller integriert werden können. In naher Zukunft wird Microlor die Bibliothek mit Schnittstellen erweitern (USB, CAN,...), um ein flexibles System anbieten zu können, das sich an eine maximale Anzahl von möglichen Applikationen anpassen kann.

ProMic ist zur Zeit in einem FPGA der Familie Altera (Flex 10K E) als Prototyp implementiert. Synthesen wurden aber mit den Familie Apex 20K, Actel (ProAsic) und Xilinx (Virtex, Virtex E) durchgeführt.

Eine Schnittstelle zur Softwareentwicklung ist verbunden zum Mikroprozessor ProMic. Sie wurde von den Forschern des Instituts LORIA entwickelt und besteht aus: einem spezifisch entwickelten C Compiler, der die Einführung von Assemblerbefehlen ermöglicht. Die Kompilation besteht aus zwei Optimierungsschritten, einem Assembler, einem Simulator/ Debugger.

tionen, die für die Durchführung des Programms nicht benötigt wurden und dadurch in der Hardware nicht implementiert werden müssen. Nach der Kompilation kann die Simulation durchgeführt werden. Die Richtigkeit des C- oder Assembler-Programms kann mit den gewählten Parametern nach diesem Schritt gewährleistet wer-

Entwurf von Applikationen

Der Entwurf von Applikationen mit Hilfe des Werkzeugs ProMic verläuft in folgenden Schritten. Der Entwickler wählt vor der Kompilation die ProMic-Variante, die zu seine An-

wendung passt. Der Compiler liefert als Ausgabe die Programmgröße, die benutzte Speichergröße und die Instruk-

den. Der dritte Schritt ist die Synthese der Hardware. Die Parameter, die für die Simulation mit dem Werkzeug ProMic benutzt wurden (Datenbreite, RAM-Größe, ...), werden als Grundlage bei der Synthese des IP ProMic eingesetzt. Man wählt seine Hardware, nachdem man verifizieren konnte, dass der Mikroprozessor mit den gewählten Parametern die ursprünglichen Constraints respektiert.

Der Simulator (Bild 1) ermöglicht eine dynamische Visualisierung aller Teile des Mikroprozessors; Programmspeicher mit Assemblercode, Registerbank, RAM, Statusregister, Ein- und Ausgabe-Register. (jj)

	@ 10 MHz			Maximale Frequenzen		
	PIC 16	ST 72	ProMic 8bit	PIC 16	ST 72	ProMic 8bit
Suche Charakter	169 µs	91 µs	56 µs	84 µs	57 µs	19 µs
Bubble-Sort	1504 µs	1371 µs	422 µs	752 µs	857 µs	141 µs
16-bit-Multiplikation	72 µs	29 µs	44 µs	41 µs	18 µs	14 µs
32-bit-Division	248 µs	355 µs	59 µs	124 µs	222 µs	20 µs

Tabelle 2: Benchmarks



Karim Limam ist Ingénieur R&D bei der CRITT Microlor in 54516 Vandoeuvre Cedex, Frankreich