



درس طراحی در سطح سیستم

تکلیف کامپیوتری ۴ : پیاده‌سازی پردازنده Leros با استفاده از کتابخانه Chisel

دانشکده فنی دانشگاه تهران

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دکتر بیژن علیزاده

نیم‌سال دوم سال تحصیلی ۱۴۰۲-۰۳

نگارش: سید علیرضا سقائیان (a.saghaeian13@gmail.com)

مقدمه

تا به اینجا با زبان Scala و کتابخانه Chisel و همچنین نحوه اجرا و درستی‌سنجی آن آشنا شدیم. در این پروژه از این زبان برای توصیف سطح بالای سخت‌افزار استفاده کرده و مشاهده می‌کنیم که چگونه می‌توان از این کتابخانه در این تمرین کامپیوتری استفاده کرد.

در این تمرین کامپیوتری یک پردازنده ۱۶ بیتی را با استفاده از این کتابخانه توصیف می‌کنیم. پردازنده Leros یک پردازنده مبتنی بر معماری انباشتگری^۱ است. این پردازنده‌ها یکی از ساده‌ترین روش پردازش را ارائه می‌دهند و در دهه ۵۰ و ۶۰ میلادی بسیار استفاده می‌شدند. در این پردازنده‌ها، یک رجیستر انباشتگر^۲ وجود دارد که خروجی عملیات پردازشی در این رجیستر ذخیره می‌شود. بنابراین در دستورات این پردازنده، ورودی اول همواره مقدار رجیستر انباشتگر است و فقط باید ورودی دوم واحد ALU و نوع عملیات مشخص شود. در این تمرین کامپیوتری قرار است با استفاده از امکانات مدل‌سازی سطح بالا به وسیله کتابخانه Chisel این پردازنده را مدل کنیم.

ساختار پردازنده Leros

این پردازنده که یک ISA^۳ است، دستورات ۱۶ بیتی و داده‌های ۱۶، ۳۲ و ۶۴ بیتی پشتیبانی می‌کند. در این تمرین قصد پیاده‌سازی نسخه ۱۶ بیتی این پردازنده را داریم.

^۱ Accumulator-based

^۲ Accumulator

^۳ Instruction Set Architecture



با توجه به اندازه دستورات این پردازنده، ۸ بیت بالای آن تعیین کننده Opcode و ۸ بیت پایین آن آدرس خانه رجیستر فایل یا مقدار فوری^۴ است.

جدول ۱- قالب دستورات پردازنده Leros.

Instruction	Rn/Imm
iiiiiii	nnnnnnnn

برای مثال دستور 00001001.00000010 مقدار فوری ۲ را به مقدار رجیستر انباشتگر اضافه کرده و نتیجه را در همین رجیستر ذخیره می‌کند. دستور 00001000.00000011 مقدار ذخیره شده در خانه چهارم (R3) رجیسترفایل را به مقدار رجیستر انباشتگر اضافه کرده و نتیجه را در رجیستر انباشتگر ذخیره می‌کند. دستوراتی که در این تمرین قصد پیاده‌سازی آنها را داریم، در جدول ۲ لیست شده‌اند.

این پردازنده حاوی یک رجیستر مخصوص به نام Address Register یا به اختصار AR است که آدرس پایه خانه‌ای از رجیستر که می‌خواهد خوانده شود، در آن ذخیره می‌شود. همچنین دارای یک رجیستر فایل با اندازه ۲۵۶ است.

لازم به ذکر است که در دستورات فوری، مقدار ۸ بیت فوری، sign extend می‌شود.

⁴ Immediate Value

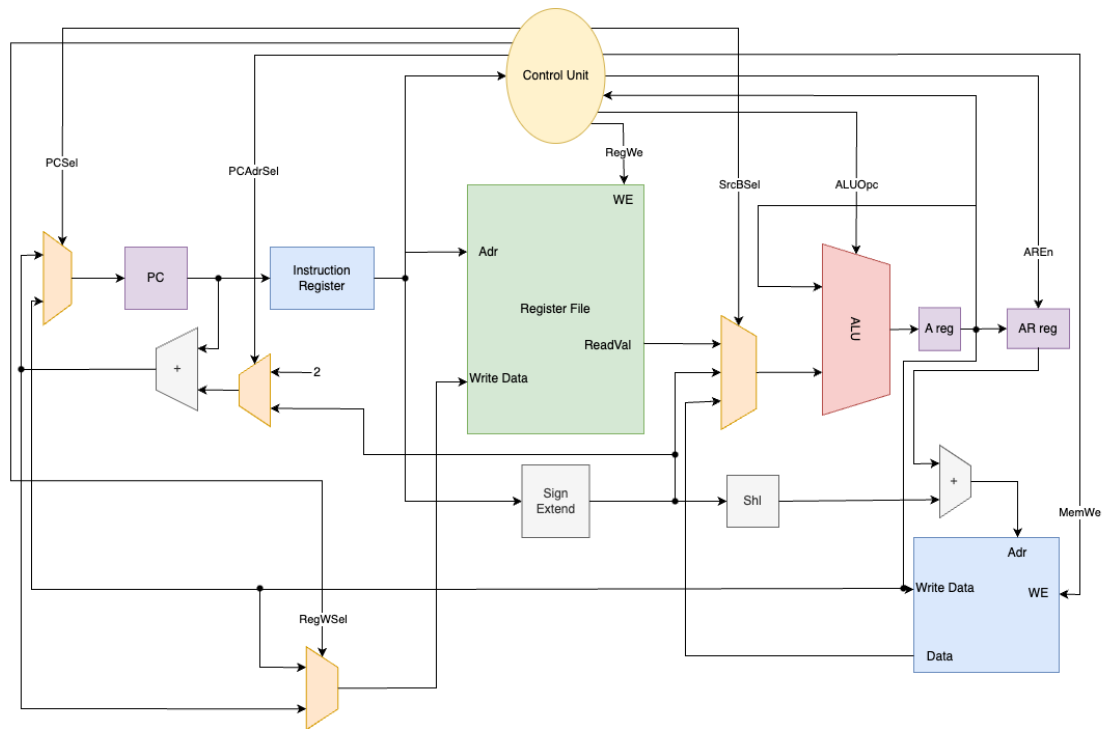


جدول ۲- ریز دستورات پردازنده Leros.

Opcode	Instruction	Function
Add	000010-0	$A = A + R_n$
Addi	000010-1	$A = A + Imm$
Sub	000011-0	$A = A - R_n$
Subi	000011-1	$A = A - Imm$
Shr	00010---	$A = A >>> 1$
And	00100010	$A = A \text{ and } R_n$
Andi	00100011	$A = A \text{ and } Imm$
Or	00100100	$A = A \text{ or } R_n$
Ori	00100101	$A = A \text{ or } Imm$
Xor	00100110	$A = A \text{ xor } R_n$
Xori	00100111	$A = A \text{ xor } Imm$
Load	00100000	$A = R_n$
Loadi	00100001	$A = Imm$
Store	00110---	$R_n = A$
Jal	01000---	$PC = A, R_n = PC + 2$
LdAddr	01010---	$Ar = A$
Loadind	01100-00	$A = Mem [Ar + (Imm \ll 2)]$
Storeind	01110-00	$Mem [Ar + (Imm \ll 2)] = A$
Br	1000----	$PC = PC + Imm$
Brz	1001----	If $A == 0, PC = PC + Imm$

یکی از ویژگی‌های این پردازنده این است که دستورات پردازنده ممکن است از هر ۸ بیت opcode استفاده نکنند و بیت‌هایی به صورت don't care قرار داشته باشند که صفر یا یک بودن آنها تاثیری بر انتخاب control unit ندارد. در جدول بالا بیت‌هایی که با “-” مشخص شده‌اند به این گونه‌اند. برای مثال 10000000 و 10001111 هر دو دستور Branch را انجام می‌دهند.

ابتدا datapath داده شده در شکل ۱ را با استفاده از کتابخانه Chisel مدل‌سازی کنید. سپس با توجه به datapath داده شده، کنترلر را طراحی کنید. برای واحد ALU می‌توانید از پاسخ تمرین کامپیوتری سوم استفاده کنید.



شکل ۱- Datapath پردازنده

درستی سنجی طراحی

پس از مدل سازی پردازنده، نیاز به درستی سنجی آن است. برای این کار، باید یک برنامه آزمون^۵ بنویسید که در آن جمع تمامی مقادیر موجود در یک آرایه حاوی ۵ عدد محاسبه می شود. لازم به ذکر است که آرایه باید در حافظه ذخیره شود. برای انجام عملیات، مقادیر در رجیسترفایل ذخیره شوند. برای لود کردن حافظه داده^۶ و دستورات^۷ می توانید از لینک زیر کمک بگیرید.

[Loading Memory in Chisel](#)

⁵ TestBench

⁶ Data Memory

⁷ Instruction Memory



نکات پایانی:

(۱) کدهای خود را در پوشه‌ای به نام Codes قرار داده و این پوشه و فایل pdf گزارش کار خود را در یک فایل زیپ‌شده به نام **ESL_CA4_<StudentId>.zip** ارسال نمایید که در آن **<StudentId>** همان شماره دانشجویی شماست.

(۲) تمامی کدها باید خوانا بوده و کامنت‌گذاری مناسب داشته باشد.

(۳) در صورت داشتن هرگونه ابهام یا سوال، می‌توانید از طریق ایمیل (a.saghaeian13@gmail.com) یا تلگرام (@AlirezaSgh) با بنده در ارتباط باشید.

بارم‌بندی سوالات

- بخش ۱: ۶۵ نمره

- بخش ۲: ۲۵ نمره

- گزارش کار: ۱۰ نمره

با آرزوی بهترین‌ها برای شما