

Процессорное ядро schoolMIPS

Young Russian Chip Architects
summer school

Введение

- **Микроархитектура:**
аппаратная реализация архитектуры в виде схемы
- **Процессор:**
 - **Тракт данных:** функциональные блоки обработки и передачи данных (арифметико-логическое устройство, регистровый файл, мультиплексоры и т.д.)
 - **Устройство управления:** формирует управляющие сигналы для функциональных блоков

Application Software	programs
Operating Systems	device drivers
Architecture	instructions registers
Micro-architecture	datapaths controllers
Logic	adders memories
Digital Circuits	AND gates NOT gates
Analog Circuits	amplifiers filters
Devices	transistors diodes
Physics	electrons

Микроархитектура

- Возможны несколько аппаратных реализаций одной и той же архитектуры:
 - **Однотактная реализация:** каждая инструкция выполняется за один такт
 - **Многотактная реализация:** каждая инструкция разбивается на несколько шагов и выполняется за несколько тактов
 - **Конвейерная реализация:** каждая инструкция разбивается на несколько шагов и несколько инструкций выполняются одновременно

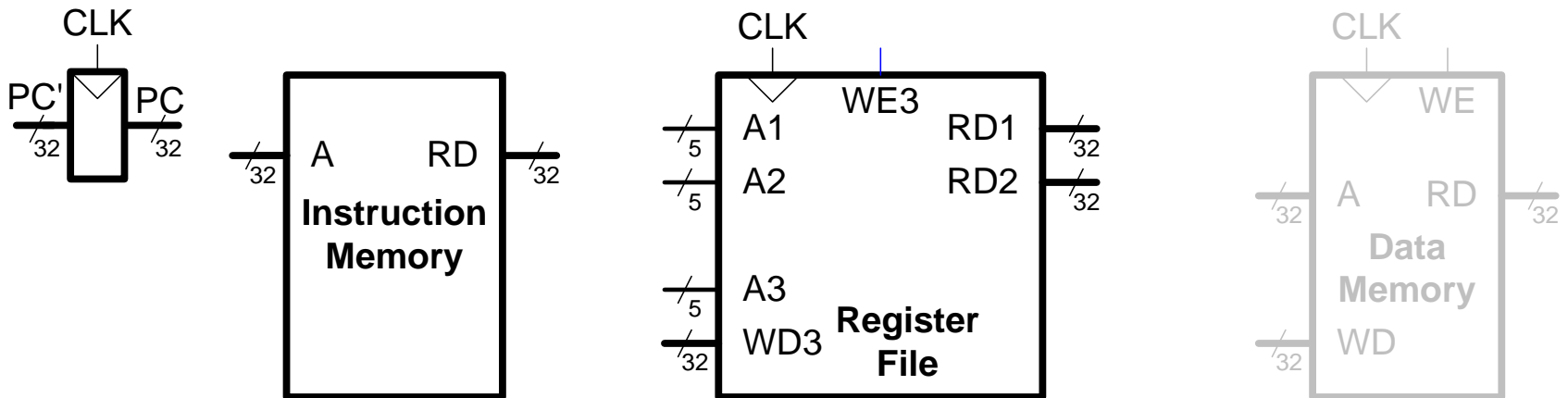
MIPS процессор schoolMIPS

- Однотактная реализация
- Отсутствует память данных
- Словная адресация памяти инструкций
- Инструкции:
 - R-типа (оба аргумента хранятся в регистрах):
addu, or, srl, sltu, subu
 - I-типа (один из аргументов - константа):
addi, lui
 - I-типа (инструкции ветвления):
beq, bne

Архитектурное состояние

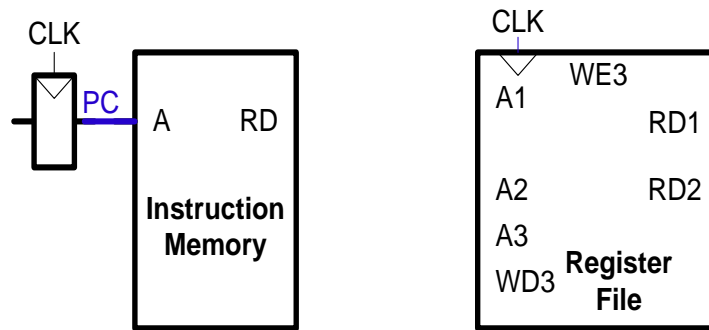
- Определяется:
 - Содержимым счетчика команд (РС)
 - Содержимым 32-х регистров общего назначения
 - Содержимым памяти (команд, данных)

Элементы, хранящие состояние MIPS



Процессор schoolMIPS: инструкция addi

Шаг 1: Выборка (считывание) инструкции addi из памяти

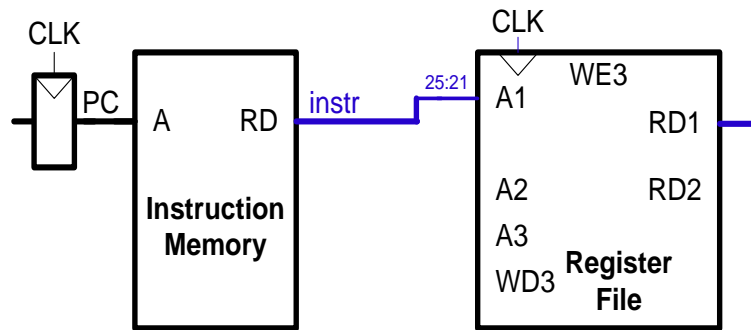


I-type. Integer Add Immediate, $rt = rs + \text{Immediate}$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	Immediate	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция addi

Шаг 2: считывание операндов-источников из регистрового файла

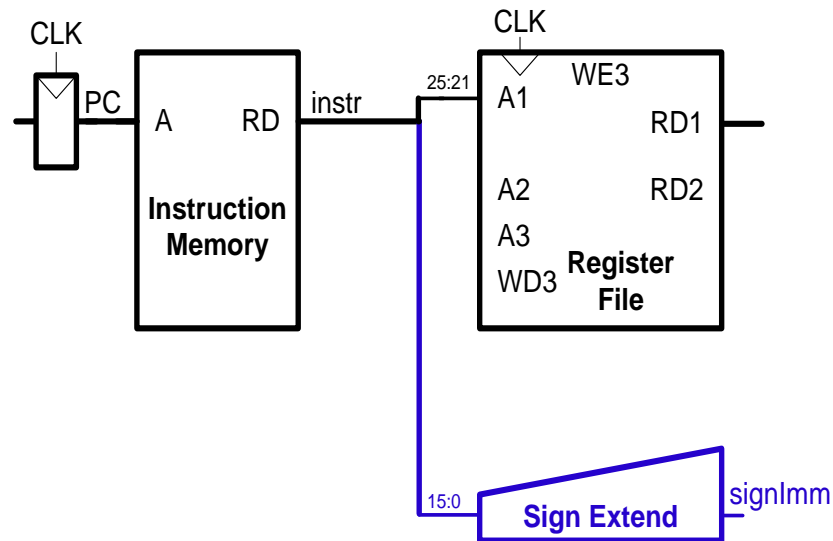


I-type. Integer Add Immediate, $rt = rs + \text{Immediate}$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	Immediate	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция addi

Шаг 3: расширение 16-битной константы до 32-х разрядов битом знака

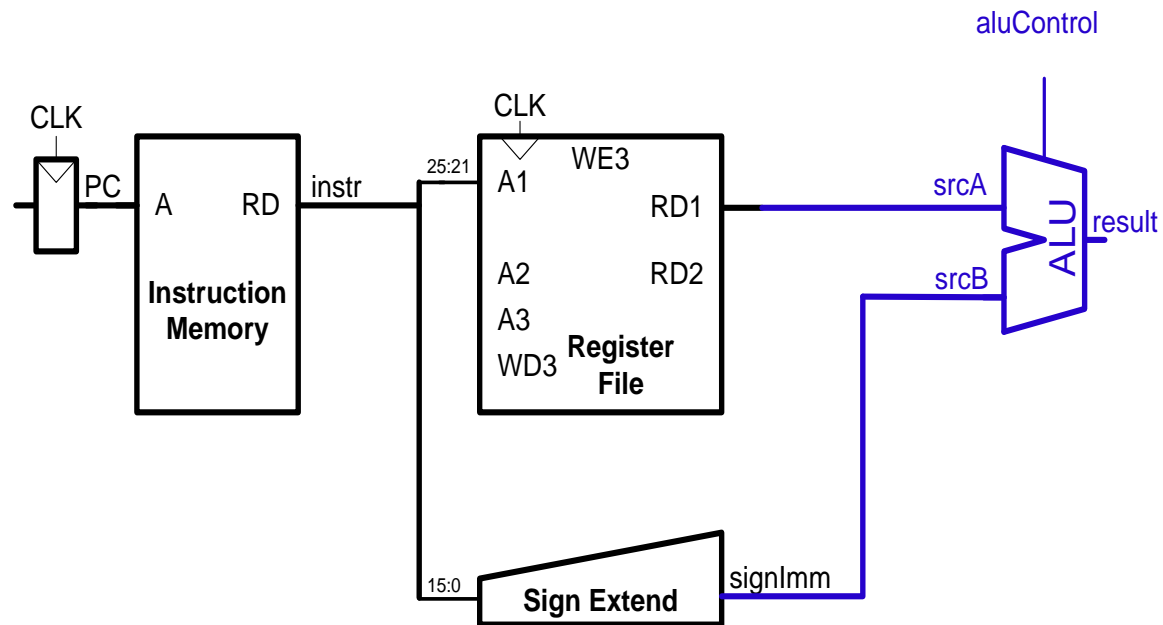


I-type. Integer Add Immediate, $rt = rs + \text{Immediate}$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	Immediate	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция addi

Шаг 4: вычисление результата арифметической операции

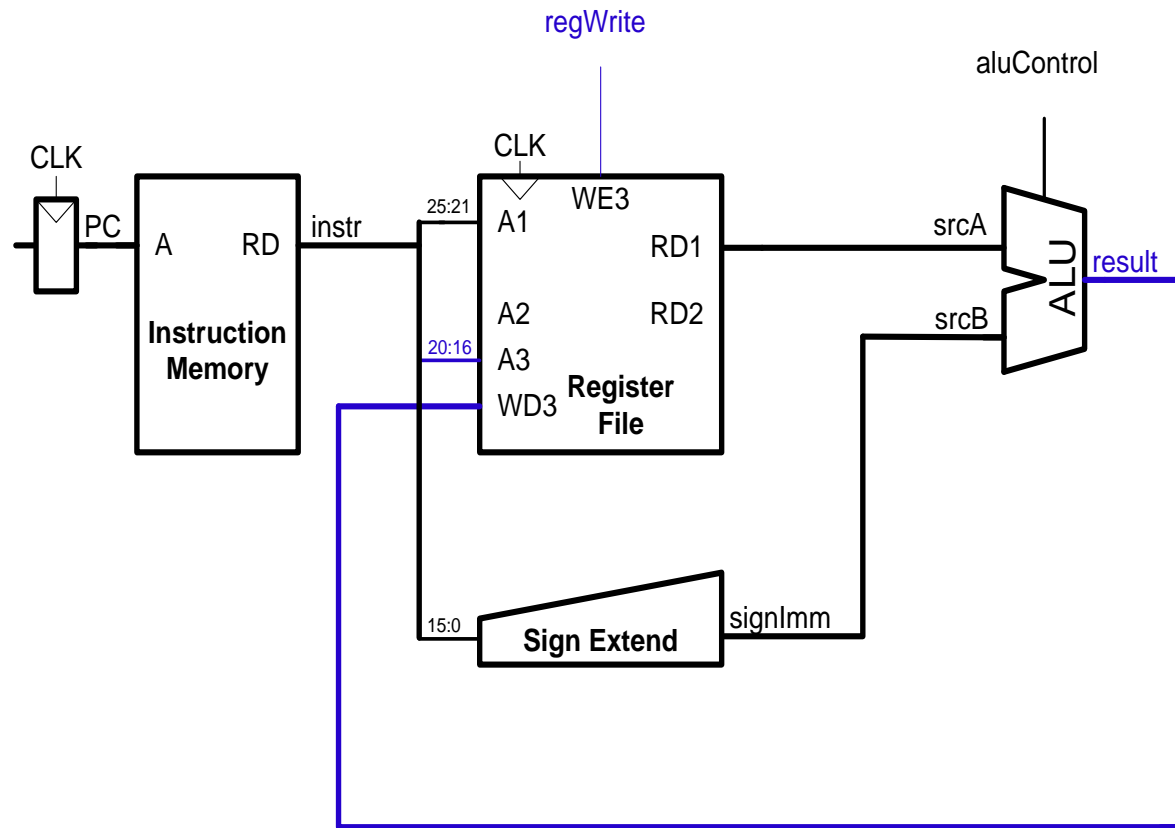


I-type. Integer Add Immediate, $rt = rs + \text{Immediate}$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	Immediate					0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	--	--	--	--	---

Процессор schoolMIPS: инструкция addi

Шаг 5: запись результата вычислений в регистр

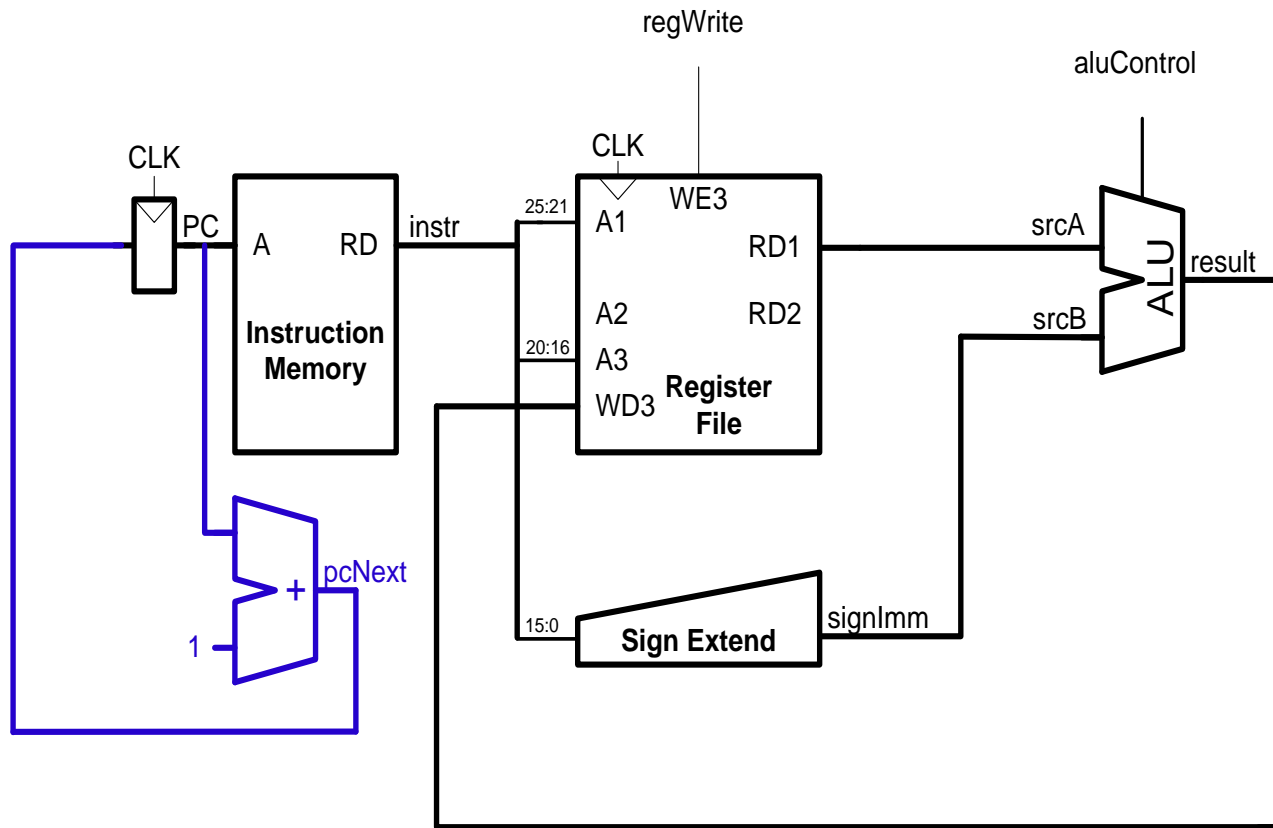


I-type. Integer Add Immediate, $rt = rs + \text{Immediate}$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	Immediate					0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	--	--	--	--	---

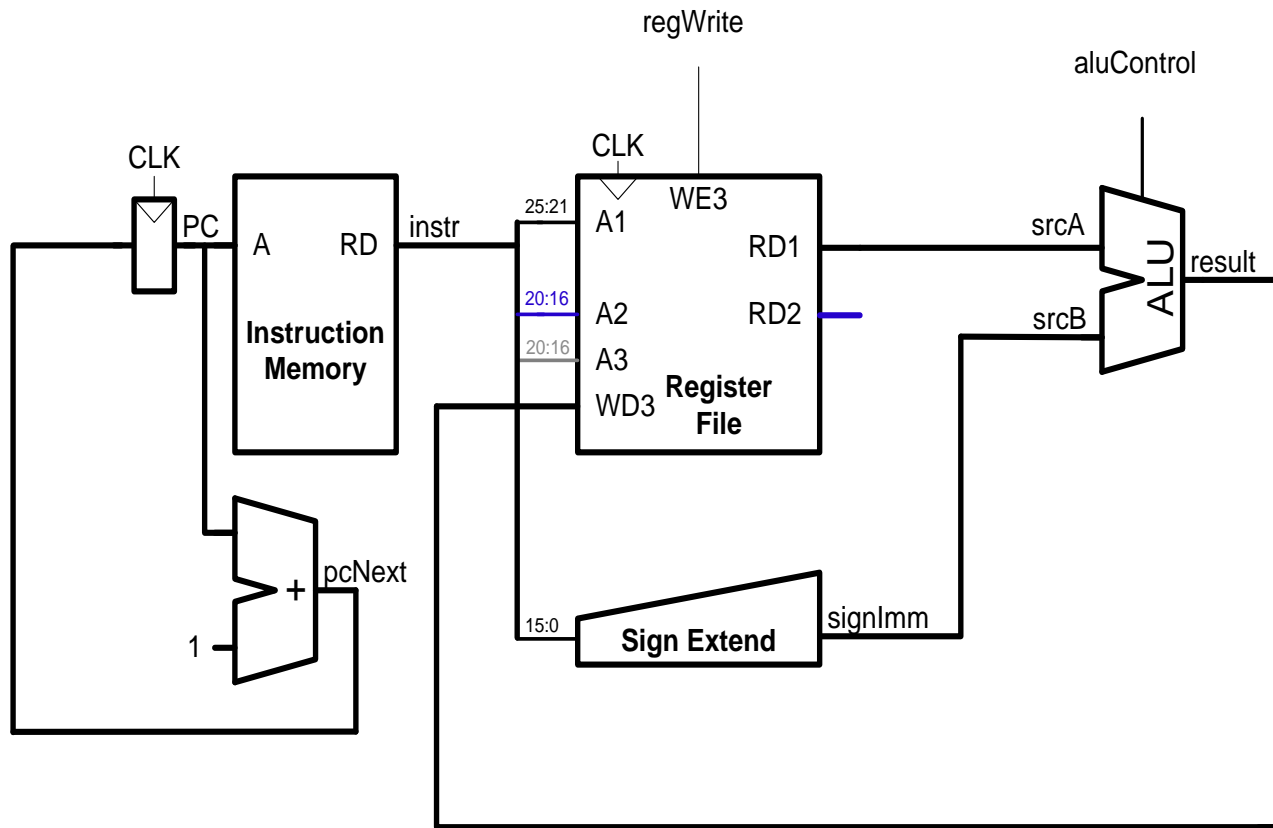
Процессор schoolMIPS: инструкция addi

Шаг 6: вычисление адреса следующей инструкции



Процессор schoolMIPS: инструкция add

- считывание операнда 2 из регистрового файла

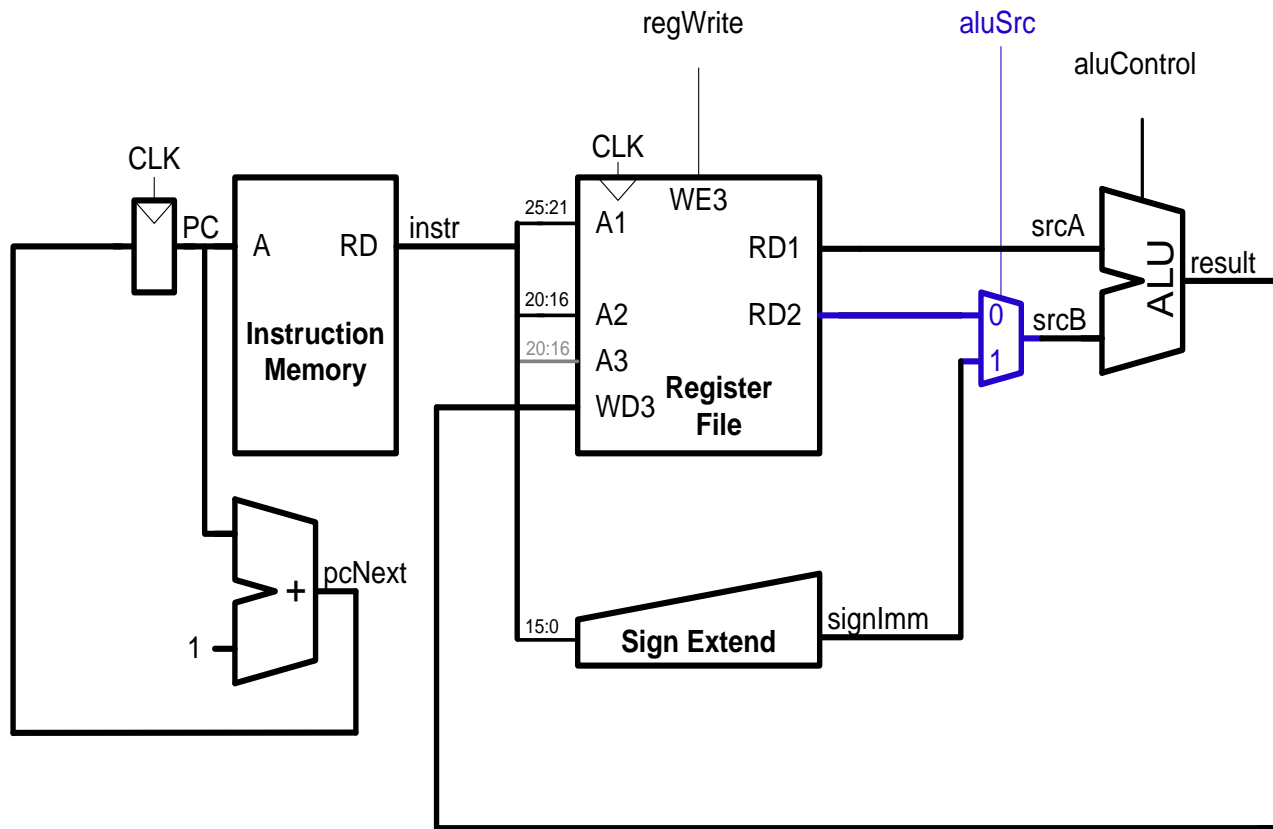


R-type. Integer Add, $rd = rs + rt$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	rd	11	10	sa	6	5	funct	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	-------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция add

- передача данных операнда 2 в арифметико-логическое устройство

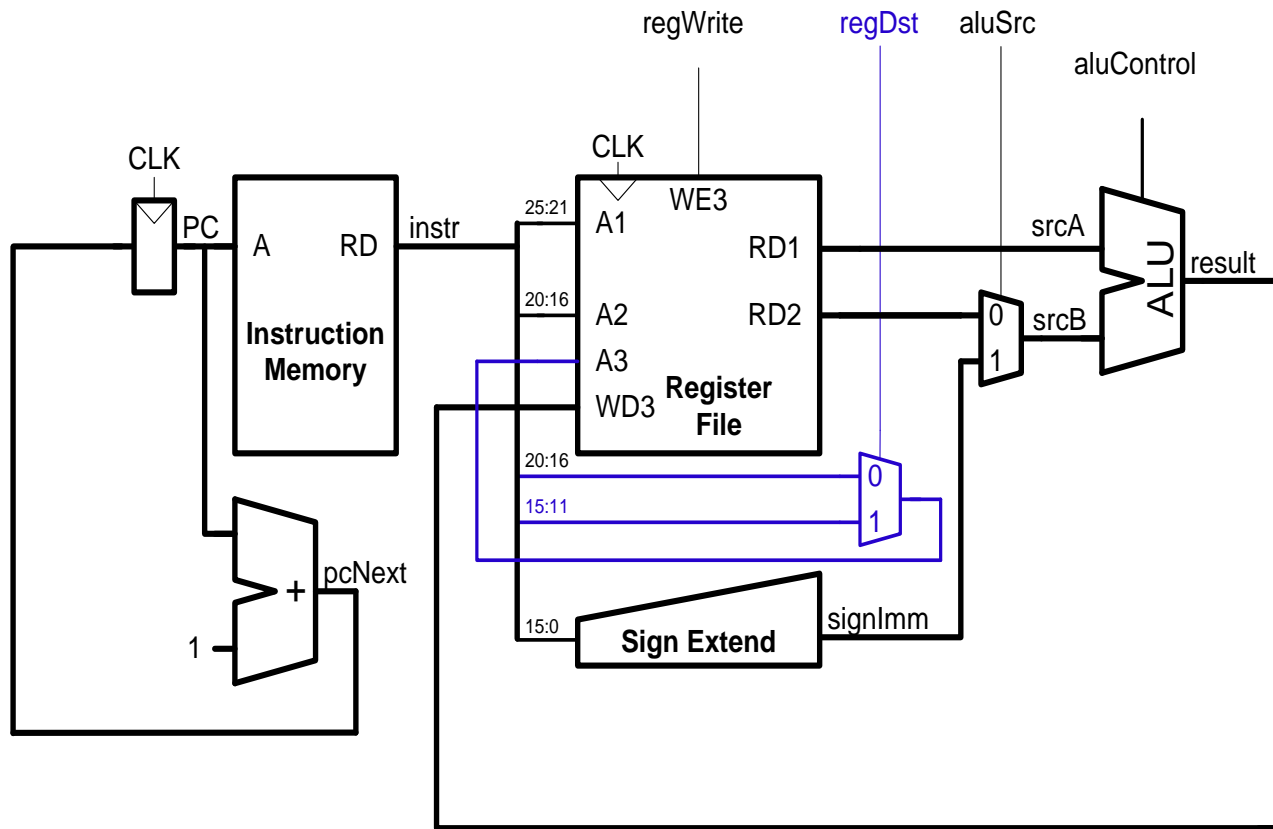


R-type. Integer Add, $rd = rs + rt$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	rd	11	10	sa	6	5	funct	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	-------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция add

- определение регистра для записи результата
- запись результата вычислений

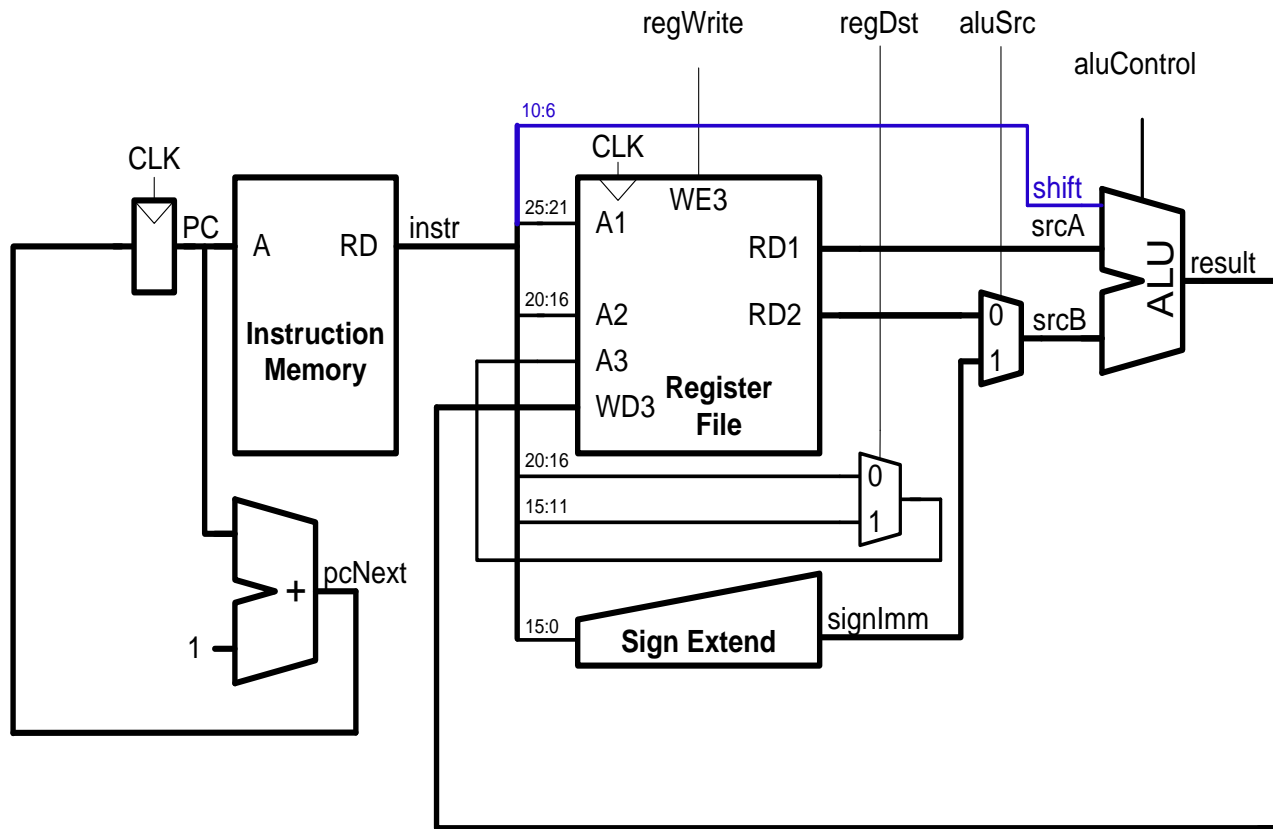


R-type. Integer Add, $rd = rs + rt$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	rd	11	10	sa	6	5	funct	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	-------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция srl

- передача данных о размере сдвига в арифметико-логическое устройство

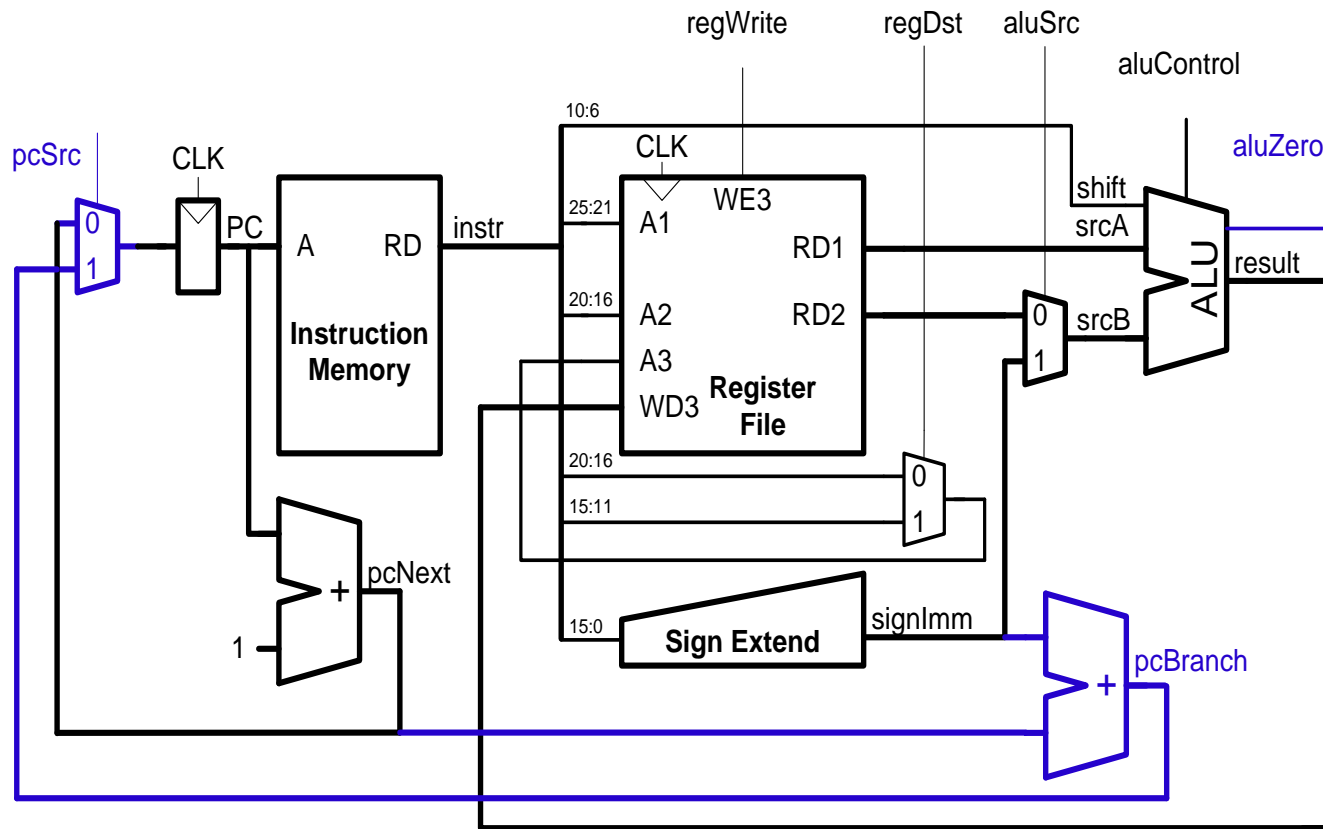


R-type. Shift Right Logical, $rd = (uns)rt \gg sa$

31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	rd	11	10	sa	6	5	funct	0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	-------	---

Процессор schoolMIPS: инструкция beq

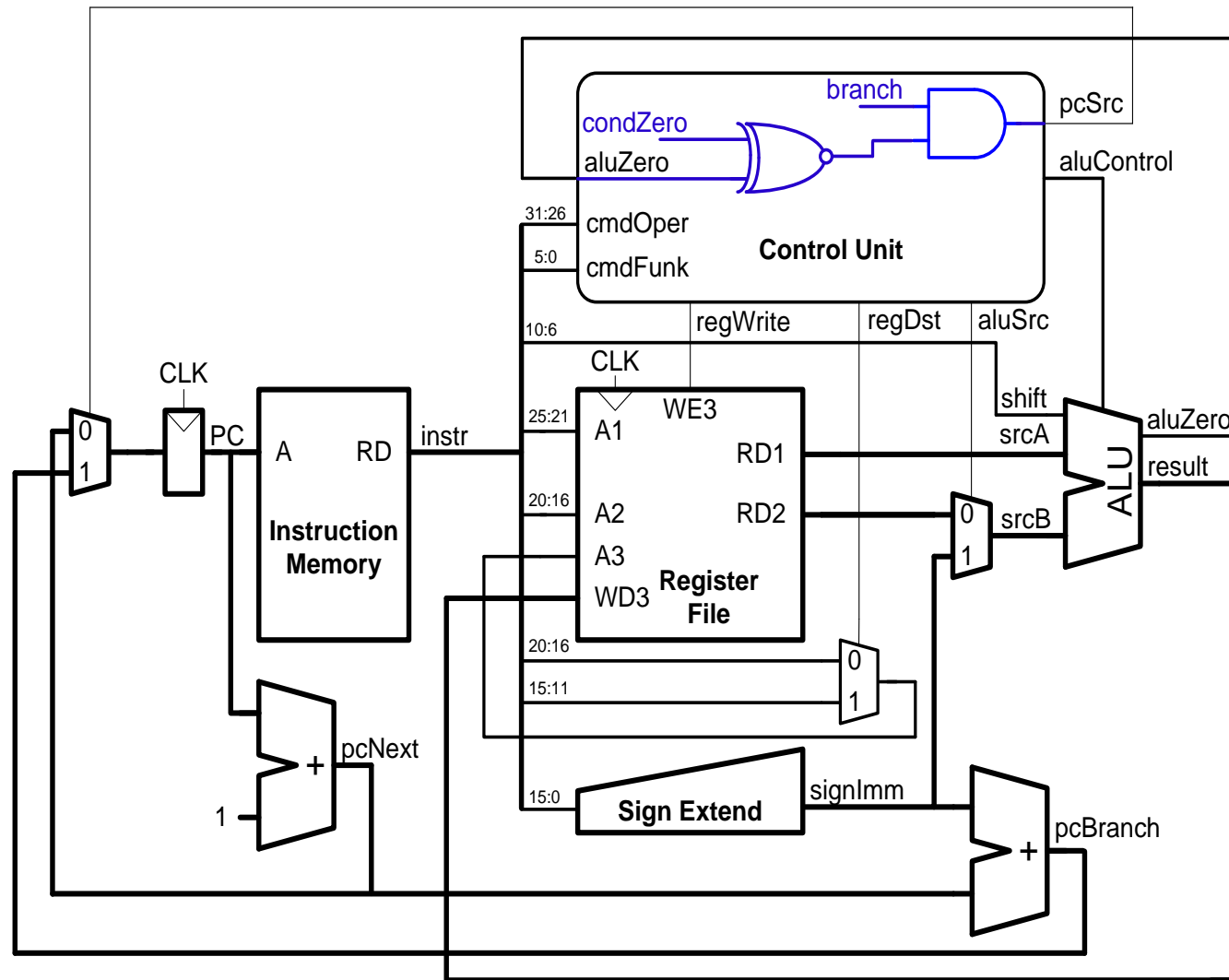
- вычисление адреса следующей инструкции



I-type. Branch On Equal, if ($R_s == R_t$) $PC += (\text{int})\text{offset}$

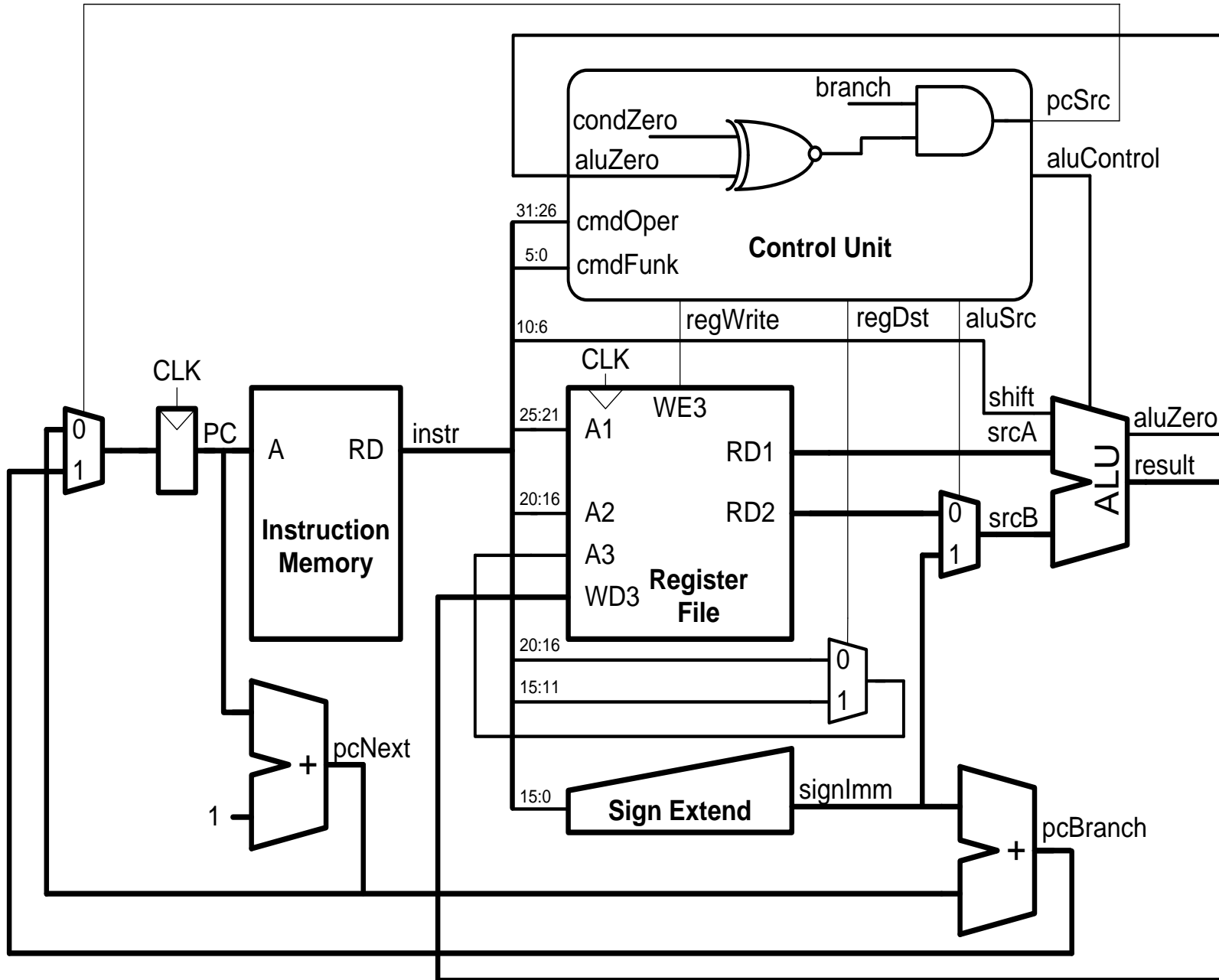
31	op	26	25	rs	21	20	rt	16	15	Immediate					0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	--	--	--	--	---

Процессор schoolMIPS: инструкция beq



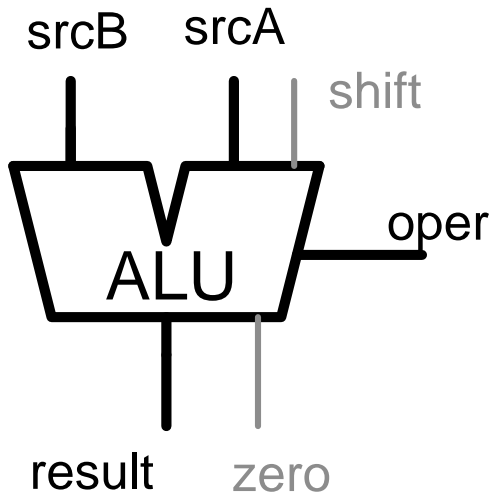
- определение необходимости перехода в зависимости от равенства результата нулю

Процессор schoolMIPS: итоговая схема



Процессор schoolMIPS:

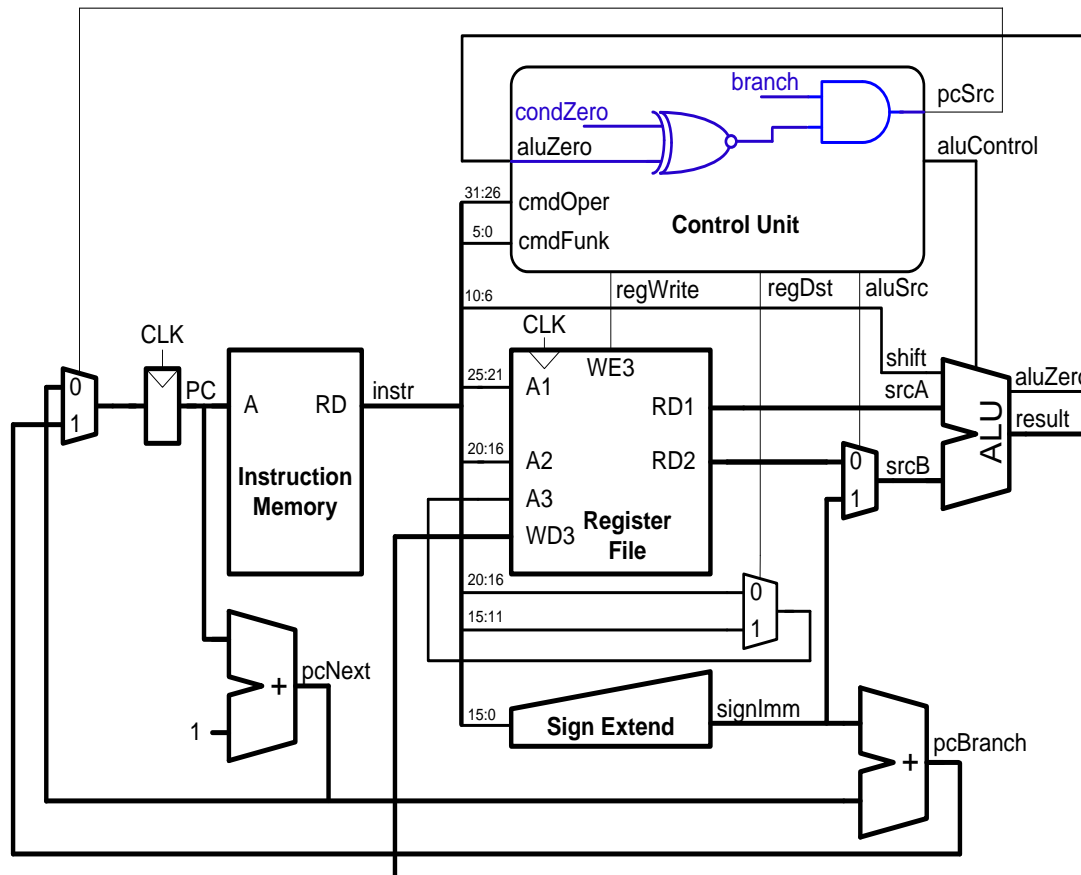
Арифметико-логическое устройство



oper _{2:0}	Функция	Описание
000	ADD	$A + B$
001	OR	$A \mid B$
010	LUI	$B \ll 16$
011	SRL	$B \gg \text{shift}$
100	SLTU	$(A < B) ? 1 : 0$
101	SUBU	$A - B$
110	Не исп.	
111	Не исп.	

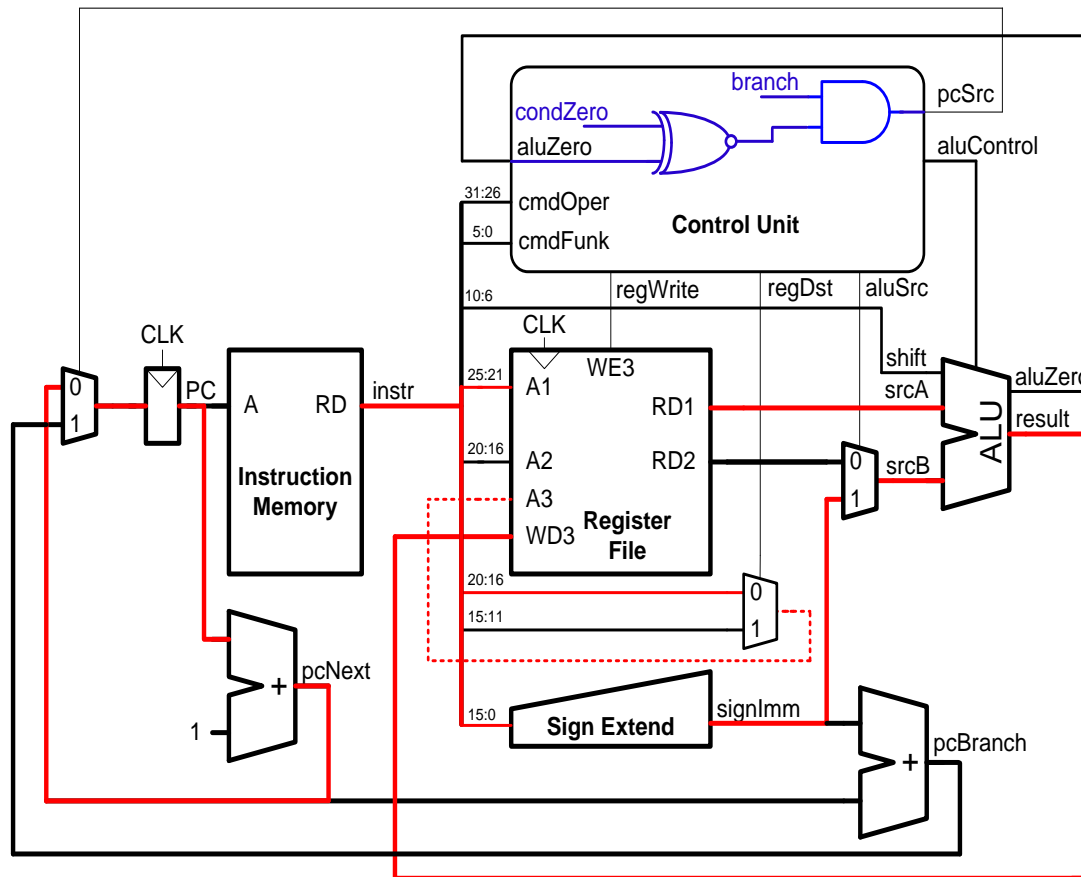
Процессор schoolMIPS: сигналы управления

Instr	cmdOper	cmdFunk	branch	condZero	regDst	regWrite	aluSrc	aluControl



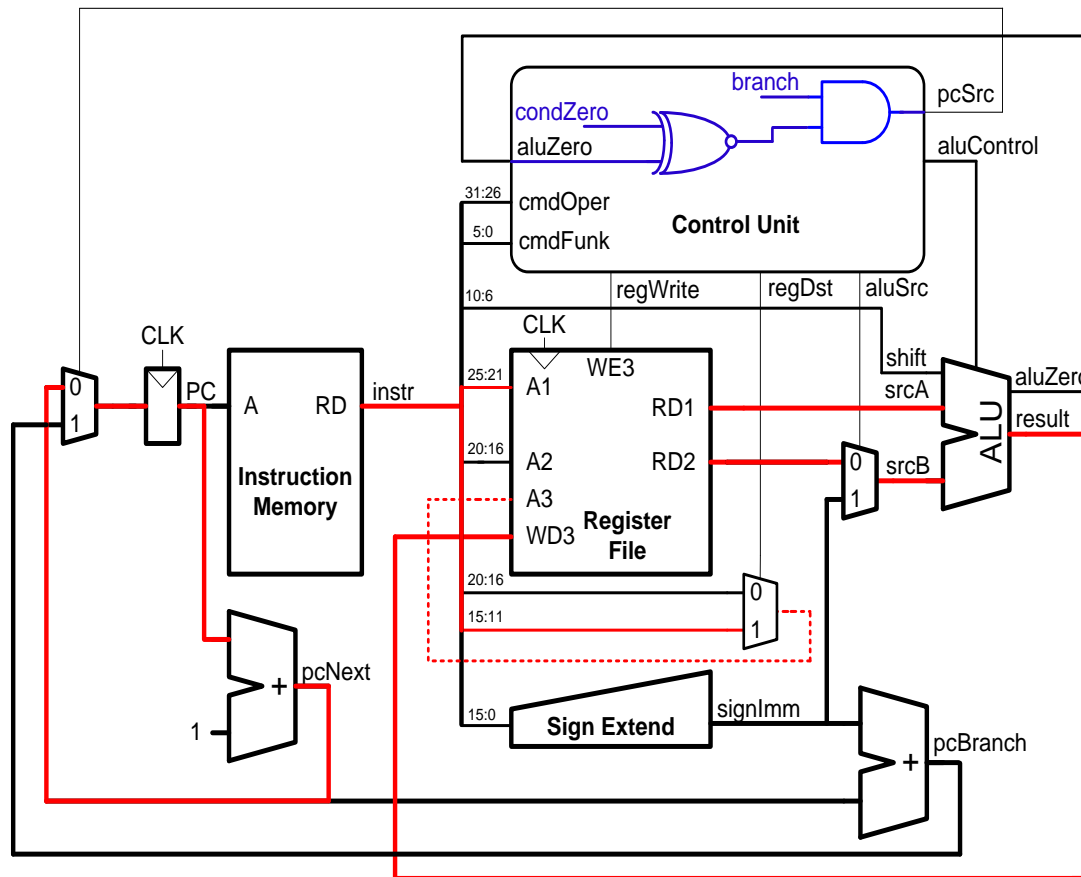
Процессор schoolMIPS: сигналы управления

Instr	cmdOper	cmdFunk	branch	condZero	regDst	regWrite	aluSrc	aluControl
addi	001000	??????	0	0	0	1	1	000



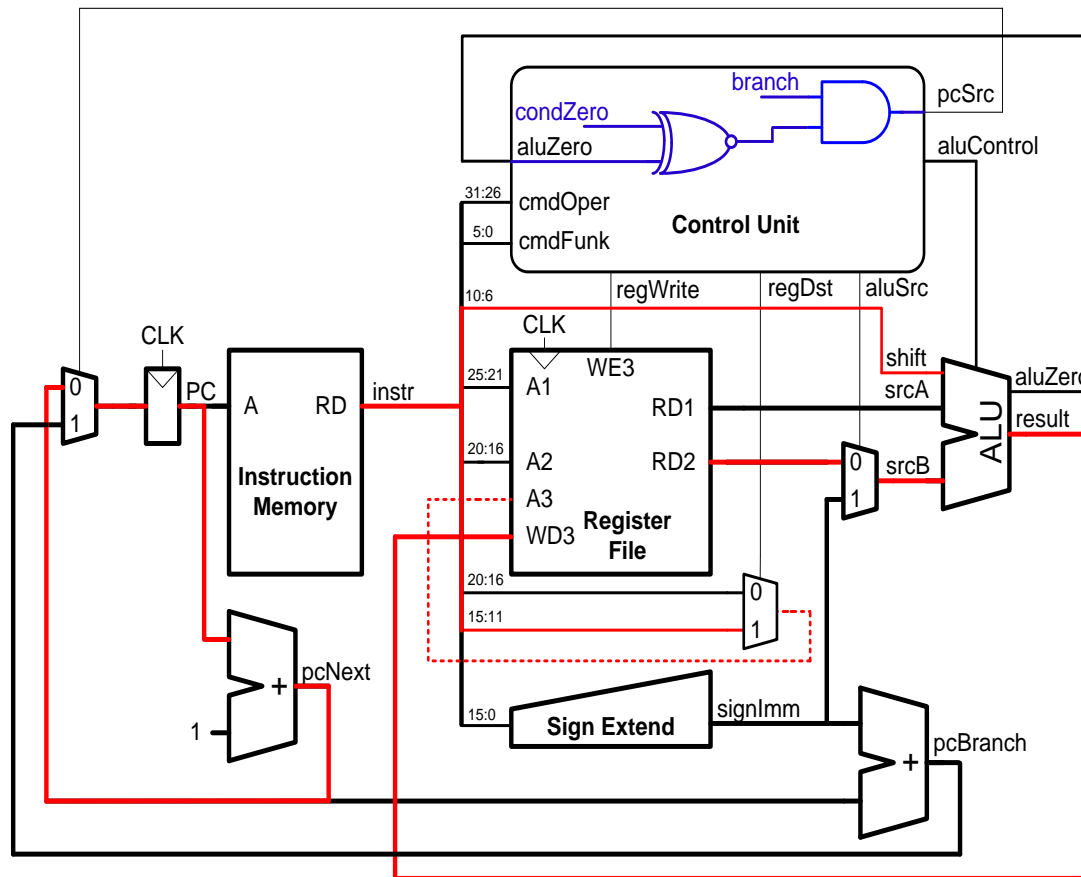
Процессор schoolMIPS: сигналы управления

Instr	cmdOper	cmdFunc	branch	condZero	regDst	regWrite	aluSrc	aluControl
addi	001000	??????	0	0	0	1	1	000
add	000000	100000	0	0	1	1	0	000



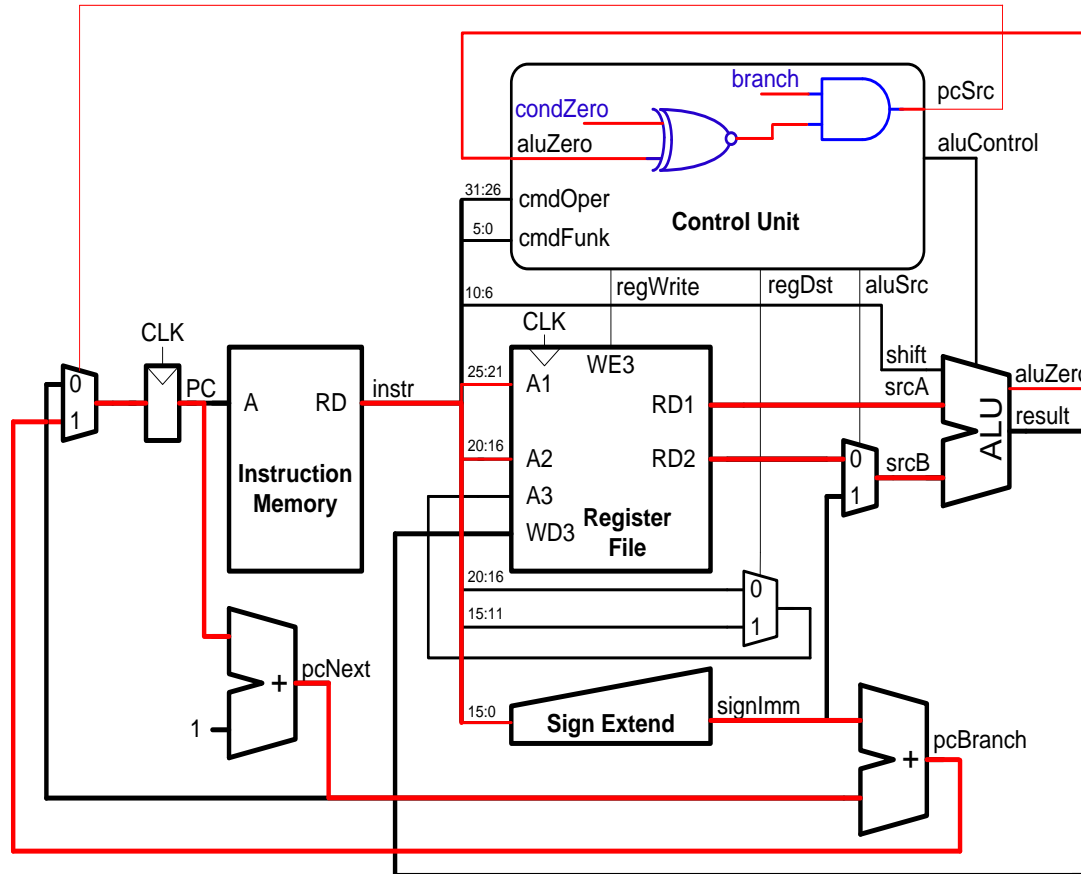
Процессор schoolMIPS: сигналы управления

Instr	cmdOper	cmdFunc	branch	condZero	regDst	regWrite	aluSrc	aluControl
addi	001000	??????	0	0	0	1	1	000
add	000000	100000	0	0	1	1	0	000
srl	000000	000010	0	0	1	1	0	011



Процессор schoolMIPS: сигналы управления

Instr	cmdOper	cmdFunc	branch	condZero	regDst	regWrite	aluSrc	aluControl
addi	001000	??????	0	0	0	1	1	000
add	000000	100000	0	0	1	1	0	000
srl	000000	000010	0	0	1	1	0	011
beq	000100	??????	1	1	0	0	0	000



Ваши вопросы?