Άλματα σε σταθερή ή μεταβλητή διεύθυνση, Κλήση & Επιστροφή από Διαδικασία, Switch, Συγκρίσεις με αποτελ. Boolean

05b (§5.7-5.9) – 8-10 Μαρτίου 2021 – Μανόλης Κατεβαίνης

Άλματα: PC-relative Addr., όπως και οι διακλαδώσεις

- Όπως οι διακλαδώσεις υπό συνθήκη στον RISC-V:

  `beq rs1, rs2, Imm12` ⇒

  if (rs1==rs2) {PC ← PC + 2×Imm12} else {PC ← PC+4}

- Έτσι και τα άλματα χωρίς συνθήκη, γιά τους ίδιους λόγους:

  `j ImmXX` ⇒ PC ← PC + 2×ImmXX

- Η σταθερά ImmXX (offset) πάντα προσημασμένη
- Πόσα bits "XX" η σταθερά??
  - θα μπορούσε να έχει «πολλά» bits, αλλά άχρηστο γιά τις «σκέτες» jump: χρησιμοποιούνται εντός διαδικασίας, μόνον…

Άλμα με αποθ. Διεύθ. Επιστροφής: Κλήση Διαδικασίας

- Άλματα σε μεγαλύτερη απόσταση: Κλήση Διαδικασίας
- "Jump-and-Link": απλό άλμα + σωσ. Διεύθ. Επιστροφής:

$$\texttt{jal rd, Imm20} \Rightarrow \quad \begin{aligned} rd &\leftarrow PC_{old} + 4, \\ PC_{new} &\leftarrow PC_{old} + 2\times Imm20 \end{aligned}$$

- Η «από κάτω» εντολή στο PC_{old}+4 = Διεύθυνση Επιστροφής
- Η σταθερά Imm20 (offset) – πάντα *προσημασμένη*:
  - 20 bits: όσο χωρούσε στο J-format
  - επαρκής γιά κάλεσμα έως ±0.5 MHalfWords = ±1 Mbyte
  - υπερκαλύπτει και τις συνηθισμένες ανάγκες της «σκέτης» jump

Πού αποθηκεύουμε τη Διεύθυνση Επιστροφής;

- *CISC*: στη μνήμη, στη στοίβα (πιθανόν μαζί και με σωζόμενους καταχωρητές, «γιά υποστήριξη αναδρομής»)
- *RISC*: Διεύθυνση Επιστροφής *σε Καταχωρητή*:
  1. Μόνον οι εντολές store γράφουν στη μνήμη
  2. Ταχύτερο!
     - μόνον όσες διαδικασίες καλούν άλλην χρειαζ. στη στοίβα
     - μεγάλο ποσοστό των «δυναμικά» εκτελούμενων (≠ «στατικά» στο προγρ.) διαδικασιών δεν καλούν άλλη διαδικασία
  3. Σώσιμο άλλων μεταβλητών; → βλ. §6

Jump (Ψευδοεντολή): ειδική περίπτωση Κλήσης Διαδ.

- `x1` (αλλιώς: `ra`): συνήθης καταχ. γιά διευθ. επιστροφής
- Συνήθης κλήση διαδικασίας:

  `jal x1, Imm20` $\Rightarrow$ $x1 \leftarrow PC_{old} + 4$,
  $PC_{new} \leftarrow PC_{old} + 2\times Imm20$

- Ψευδοεντολή: **`j Imm20`** =

  `jal x0, Imm20` $\Rightarrow$ $PC_{new} \leftarrow PC_{old} + 2\times Imm20$

- Εγγραφή στον x0 αγνοείται: «Δεν με ενδιαφέρει η διεύθυνση επιστροφής – μην την κρατήσεις»

Άλματα σε μεταβλητές Διευθύνσεις: *Jump Register*

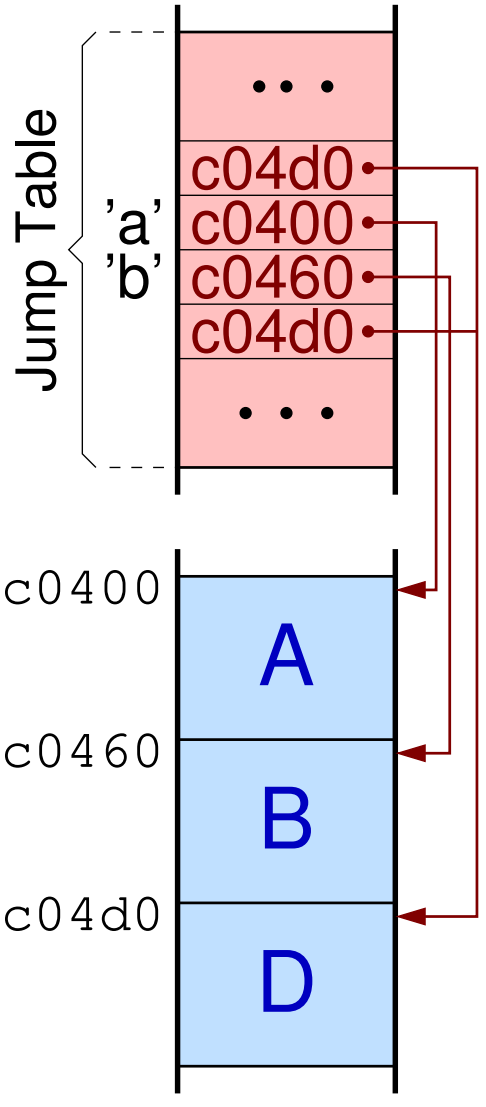
`jr rs1` $\Rightarrow$ PC $\leftarrow$ rs1

- Γιά Επιστροφή από Διαδικασία: `jr x1` ή `jr ra`
  - Μεταβλητή διεύθυνση διότι με καλούν από διάφορα μέρη
- Γιά άλμα σε αυθαίρετη διεύθυνση, οσοδήποτε μακριά
  - σύνθεση αυθαίρετης σταθ. σε καταχ. από προηγ. εντ. – βλ. παρακ.
- Switch statement – multi-way "computed" branch
- Περισσεύουν πολλά bits μέσα στο format της εντολής:
  - *Ψευδοεντολή*, ειδική περίπτωση άλλης γενικότερης…

Switch statement μέσω `jr`

```
char in_c;
switch (in_c) {
    case ’a’:  { A; }
    case ’b’:  { B; }
    default:   { D; }
}
```

```
x5 ← JumpTable[in_c]
jr  x5
```



jr: Ειδική περίπτωση της *Jump-and-Link-Register*

- Μιάς και περισσεύουν bits στην `jr`, γενικεύουμε σε άλλη εντολή:

  `jalr rd, Imm12(rs1)` $\Rightarrow$

  $rd \leftarrow PC_{old} + 4$; $PC_{new} \leftarrow Imm12 + rs1$

- Και Κλήση Διαδικασιών σε αυθαίρετη/μεταβλητή διεύθυνση – όχι μόνο άλματα σε τέτοιες διευθύνσεις
  - Object-Oriented: type-dependent procedure @variable address
- I-format: διαθέσιμη και η σταθερά Imm12, εάν χρειαστεί
  - Ίδιο addressing mode με *load*: signed Imm12, όχι διπλασιασμός
  - Μαζί με μιά προηγ. εντολή Upper Imm20 συνθέτει αυθαιρ. σταθ.

Διακλαδώσεις οσοδήποτε μακριά (εάν χρειαστεί)

- if (i ≠ j) goto *farAway*; /* σπάνιο, αλλά εάν χρειαστεί */
  continue…

```
      beq i, j, cnt          # "else" continue…
      auipc t0, Imm20        # upper 20 bits of offset
      jalr x0, Imm12(t0)     # low 12 bits of farAway
cnt:  continue…
```

Πράξεις Σύγκρισης με αποτέλεσμα Boolean

- `slt  rd, rs1, rs2` # rd ← (rs1<rs2) – sign'd
- `sltu  rd, rs1, rs2` # rd ← (rs1<rs2) – uns.
- `slti  rd, rs1, Imm12` # rd ← (rs1<Imm12) s.
- `sltiu rd, rs1, Imm12` # rd ← (rs1<Imm12) uns.
- "Set-if-less-than": πράξη ALU, όχι διακλάδωση
- Το αποτέλεσμα είναι Boolean:
  - True = 000…0001
  - False = 000…0000
- Γιατί μόνον αυτές; – βλ. άσκηση 5.9
  - Ρεπερτόριο εντολών: Δομικοί λίθοι γιά σύνθεση πιό πολύπλ.

Το `Imm12` είναι πάντα signed, ακόμα και στην `sltiu`