

# Blokadno predavanje: Kako radi računar?

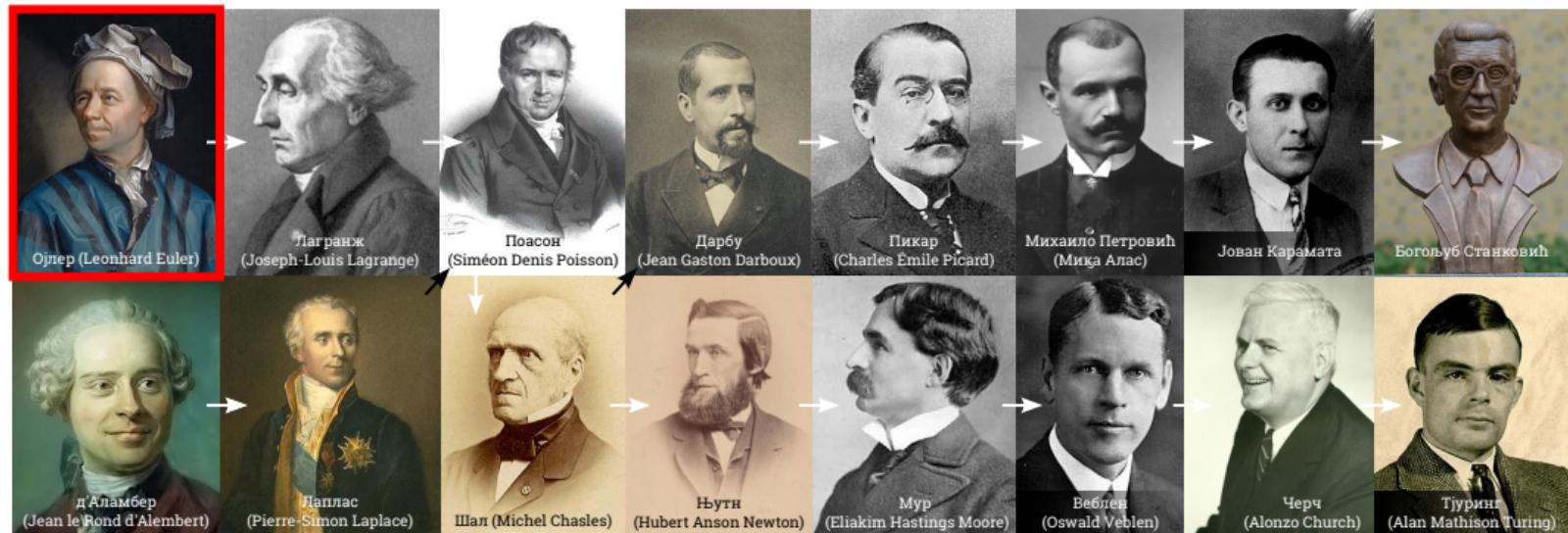
---

Stefan Nikolić

Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad

24.01.20254.

# Vratimo se najpre u 1769.



Te godine, Leonard Ojler je formulisao sledeću prepostavku

← → ↗ https://en.wikipedia.org/wiki/Euler's\_sum\_of\_powers\_conjecture

WIKIPEDIA The Free Encyclopedia

Search Wikipedia

Search

Donate Create account Log in ...

# Euler's sum of powers conjecture

21 languages ▾

Contents hide

(Top)

Background

Counterexamples

Generalizations

$k = 3$

$a_1^k + a_2^k + \cdots + a_n^k = b^k \implies n \geq k$

Article Talk

Read Edit View history Tools ▾

Appearance hide

Text

Small

Standard

Large

Width

Kako bismo mogli da dokažemo da pretpostavka važi?

# Kako bismo mogli da dokažemo da pretpostavka važi?

Mala pomoć: 1966. je dokazano da ne važi, tako što je pronađen sledeći kontraprimer:  $27^5 + 84^5 + 110^5 + 133^5 = 144^5$

Da li je Ojler mogao da ga pronađe?

## Možda je mogao da razmišlja na sledeći način

Hajde da prepostavim da postoji kombinacija 4 cela broja  $\leq 150$  za koju pretpostavka ne važi za stepen  $4 + 1 = 5$

Da bih je našao, moram da izlistam sve kombinacije i proverim da li je zbir njihovih 5. stepena takođe 5. stepen nekog celog broja

Možda je mogao da razmišlja na sledeći način

Tih kombinacija ima  $\binom{150}{4} = 20260275$

Najteže će mi biti da računam 5. stepen

Neka mi za to u proseku bude potrebno 60 sekundi

Možda je mogao da razmišlja na sledeći način

Tada bi mi za kompletan račun bilo potrebno

$20260275 \times 60 / (3600 \times 12 \times 365) > 77$  godina, ako bih 12 sati dnevno samo  
na tome radio

Ali ja već sada imam 62 godine  $\Rightarrow$  ne vredi ni da pokušavam!

I tako smo morali da sačekamo 1966. da se produži životni vek i da rešavanju problema pristupi neko mlađi...

Primetimo da bi uz dovoljno vremena ovaj postupak mogao da sprovede i mali Perica

# No, problem nije rešio mali Perica

1966]

COUNTEREXAMPLE TO EULER'S CONJECTURE

1079

2. F. P. Ramsey, *On a problem of formal logic*, Proc. London Math. Soc. (2) 30 (1930), 264–286.

DARTMOUTH COLLEGE

---

COUNTEREXAMPLE TO EULER'S CONJECTURE  
ON SUMS OF LIKE POWERS

BY L. J. LANDER AND T. R. PARKIN

Communicated by J. D. Swift, June 27, 1966

A direct search on the CDC 6600 yielded

$$27^5 + 84^5 + 110^5 + 133^5 = 144^5$$

as the smallest instance in which four fifth powers sum to a fifth power. This is a counterexample to a conjecture by Euler [1] that at least  $n$   $n$ th powers are required to sum to an  $n$ th power,  $n > 2$ .

REFERENCE

1. L. E. Dickson, *History of the theory of numbers*, Vol. 2, Chelsea, New York, 1952, p. 648.

nego računar koji je mogao da obavi 3 miliona operacija u sekundi

## Dva pitanja za danas

1. Da li je Ojler mogao da osmisli računar pomoću kog bi našao kontraprimer?
2. Da li je ipak mogao da ga pronađe i bez računara?

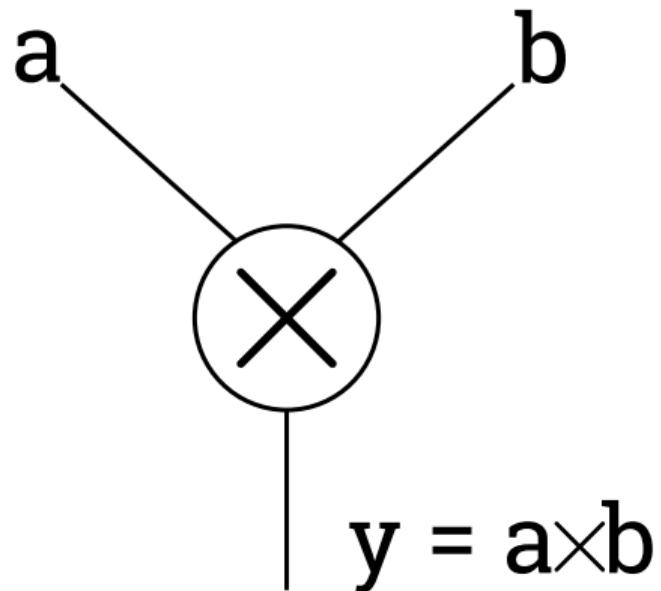
# Graf mentorstava preuzet sa mathgenealogy.org



S obzirom na to da nismo tako daleko od Alana Tjuringa, oca savremenog računarstva, a među sobom imamo i matematičare i fizičare i hemičare, trebalo bi da možemo da pomognemo Ojleru

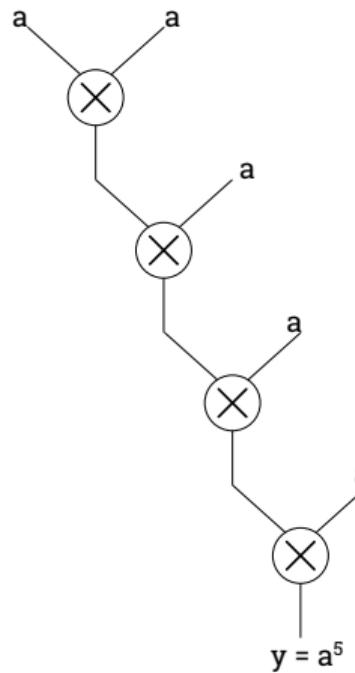
Pođimo od najskuplje operacije: stepenovanja

# Množač

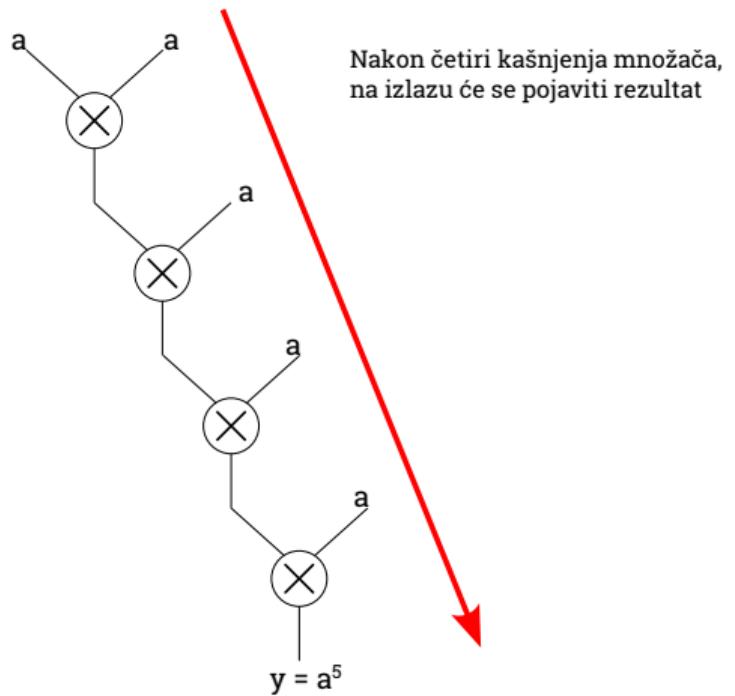


Možemo li da izračunamo  $a^5$  pomoću 4 množača?

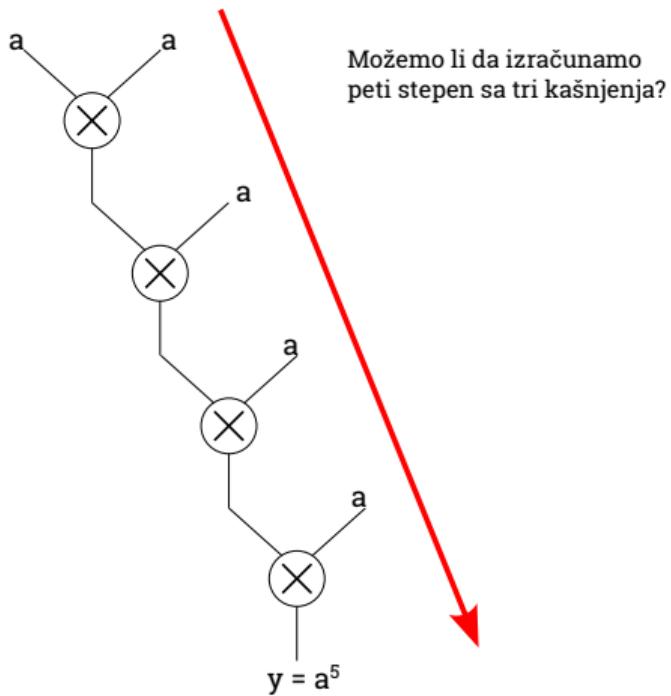
# Stepenovanje množacima



# Stepenovanje množićima

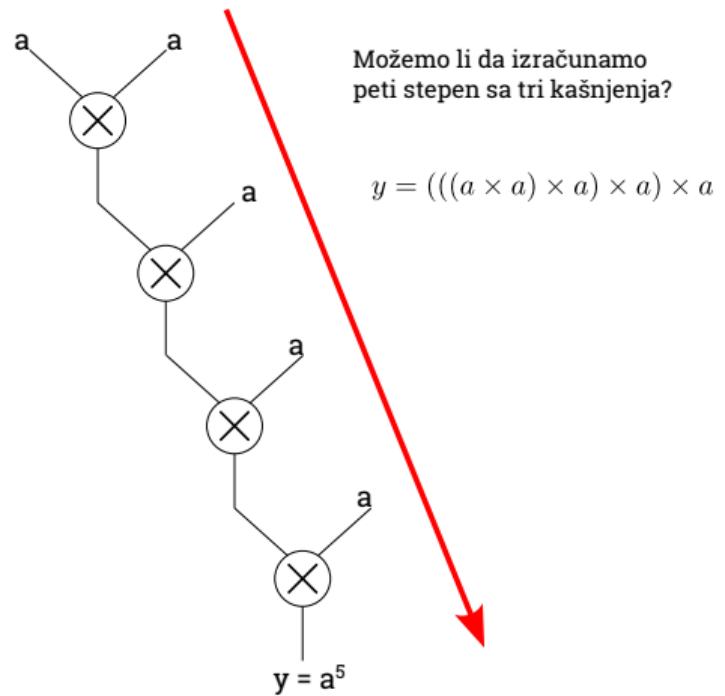


# Stepenovanje množićima

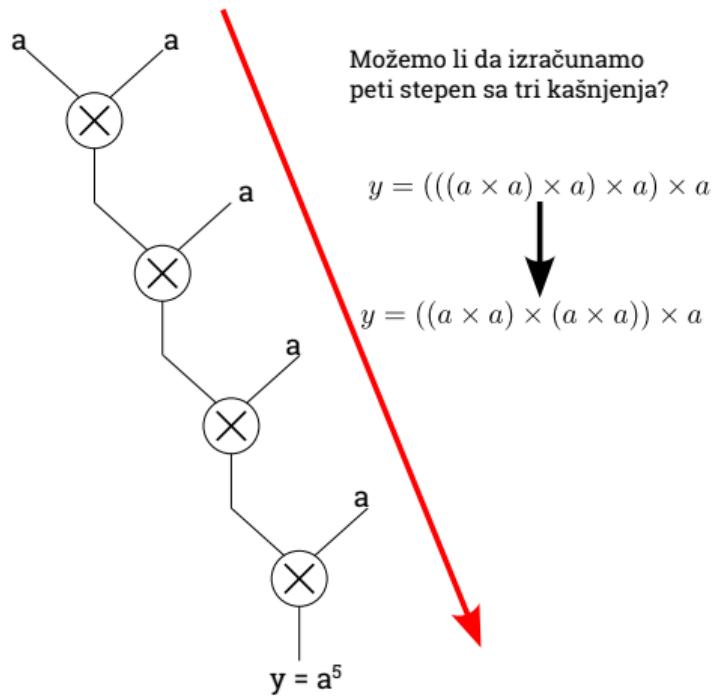


Možemo li da izračunamo  
peti stepen sa tri kašnjenja?

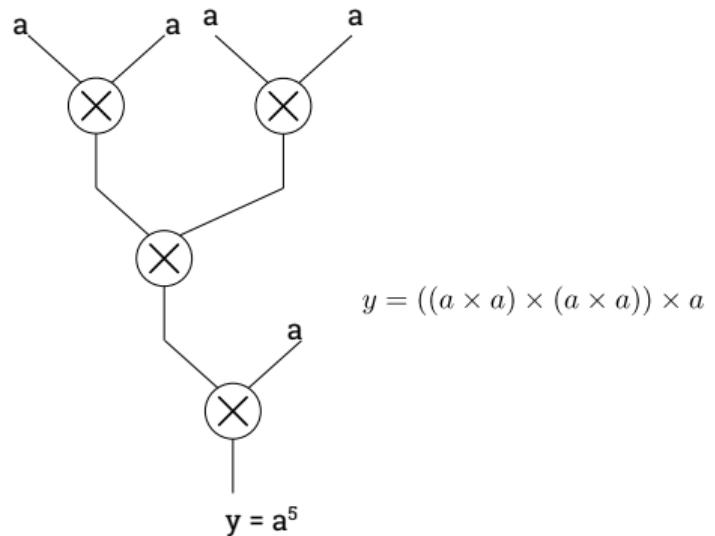
# Stepenovanje množićima



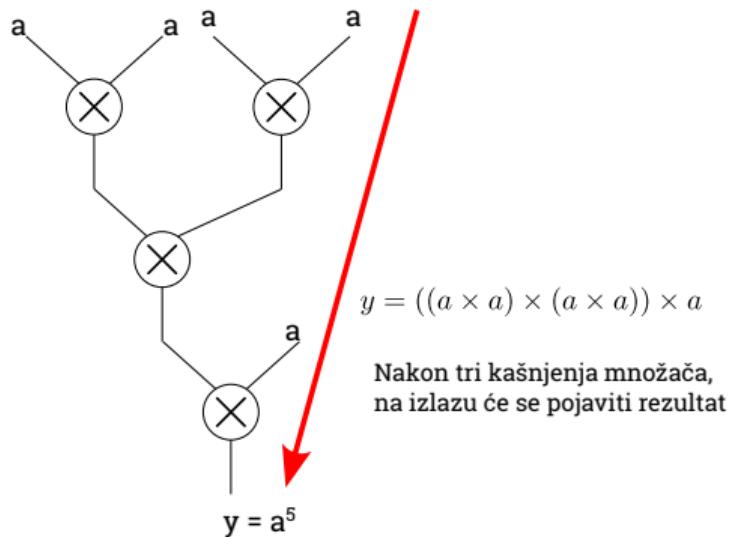
# Stepenovanje množićima



# Stepenovanje množacima



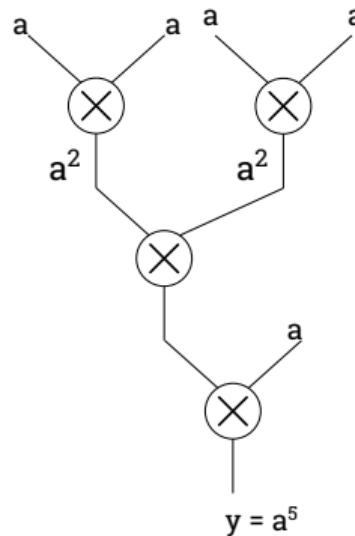
# Stepenovanje množićima



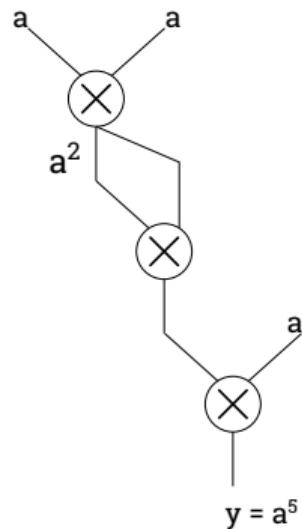
# Stepenovanje množaćima

Da li su nam dovoljna tri množaća?

# Stepenovanje množacima



# Stepenovanje množacima

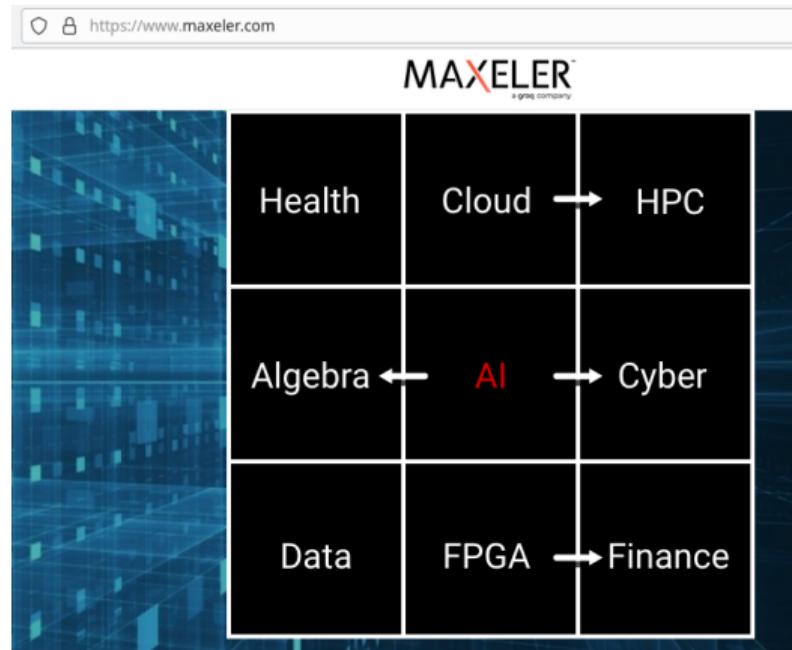


# ENIAC



ENIAC je bio programiran povezivanjem funkcionalnih jedinica pomoću žiča kako bi se oformilo kolo koje evaluira željenu funkciju.  
Inače, svi prvi programeri su bile žene.

# Prostorni računari



Povezivanje funkcionalnih jedinica vezama na takozvanim FPGA čipovima i do danas ostaje osnova prostornog računarstva (eng. *Spatial Computing*)

## 75 Years of Computer Engineering

**ENIAC**

- 3.3 M adder-bit ops / s
  - 5 KHz clock
  - 20 accumulators
    - 10 10b numbers
    - 33 binary adder bits
- 167 M mm<sup>2</sup>
  - 1800 sq. feet
  - Or 170 sq. meters

$>10^9$

**FPGA**

- 3.6 M adder-bit ops / ns
  - 1 GHz clock
  - 3.6 M 6-LUTs
    - Any 6-input function
    - With carry logic to be adder bit
- 1400 mm<sup>2</sup>

$>10^5$

ENIAC Day Webinar: André Dehon speaks about carrying ENIAC's Architectural Legacy into Silicon



ENIAC su na Univerzitetu Pensilvanije ranih 1940ih razvili Presper Ekert i Džon Mokli



Pitanje: Šta su Eckert i Mokli bili po zanimanju?

ENIAC su na Univerzitetu Pensilvanije ranih 1940ih razvili Presper Ekert i Džon Mokli

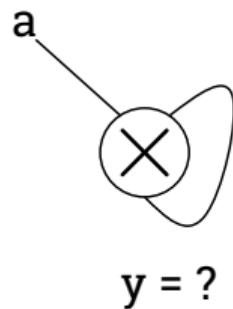


Elektro-inženjer i fizičar

## No, vratimo se Ojlerovom problemu

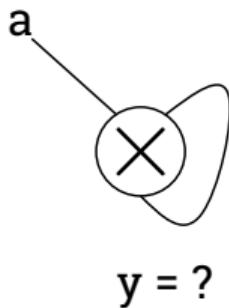
Možemo li da izračunamo peti stepen koristeći samo jedan množač?

# Vremenski multipleks



Da li će se na izlazu u nekom trenutku pojaviti  $a^5$ ?

# Vremenski multipleks



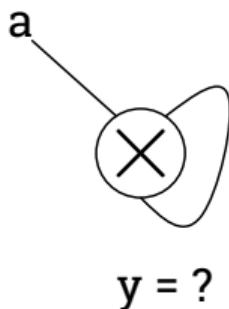
Šta nam nedostaje da bismo to mogli da garantujemo?

# Vremenski multipleks



Moramo da obezbedimo poznato početno stanje ulaza množača  
(na primer,  $a^0 = 1$ )

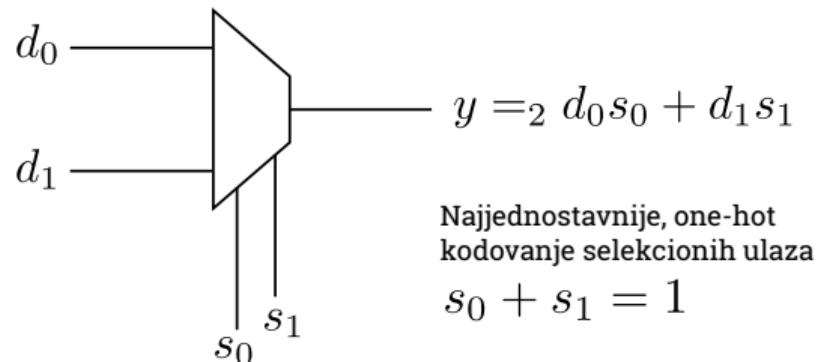
# Vremenski multipleks



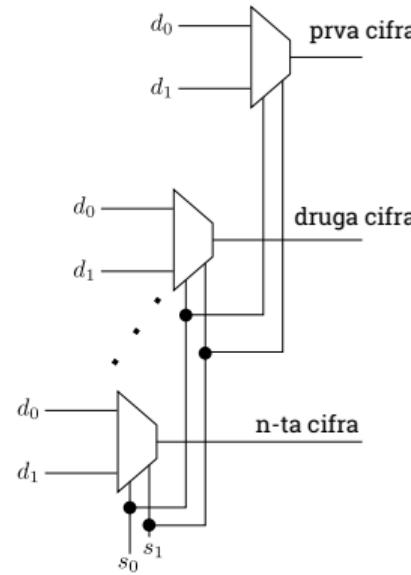
Dakle, potrebno je da na početku na desni ulaz množača dovedemo  $a^0 = 1$ , a da mu zatim prosledimo izlaz množača

Vreme je da uvedemo još jednu komponentu: multiplekser

Koristićemo  $=_2$  da označimo izraze u  $\mathbb{Z}_2$

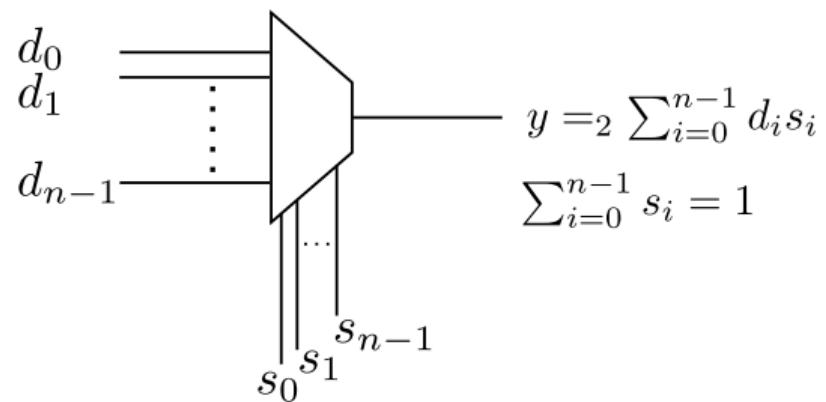


# Multipleksiranje višecifrenih binarnih brojeva



Naravno, možemo multipleksirati i višecifrene binarne brojeve: za svaku binarnu cifru dodamo još jedan multiplekser koji deli selekciione ulaze sa svim ostalim pojedinačnim multiplekserima

# Multipleksiranje više ulaznih signala



# Claude Shannon

文 A 66 languages ▾

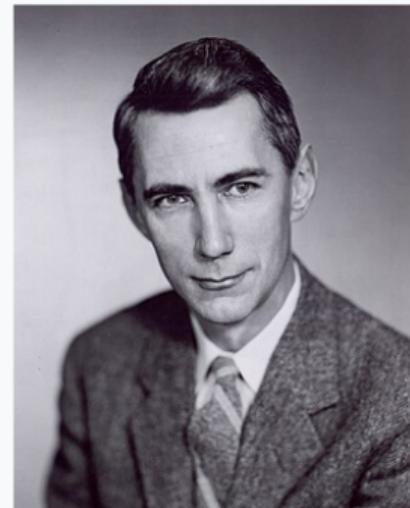
Article Talk

Read Edit View history Tools ▾

From Wikipedia, the free encyclopedia

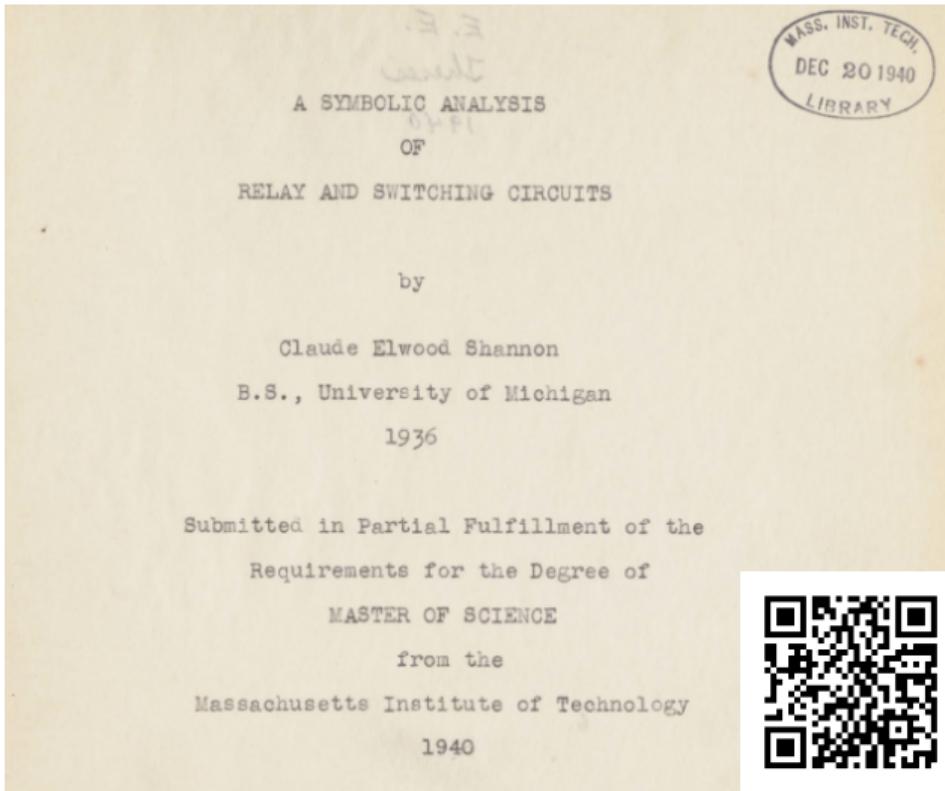
**Claude Elwood Shannon** (April 30, 1916 – February 24, 2001) was an American [mathematician](#), [electrical engineer](#), [computer scientist](#) and [cryptographer](#) known as the "father of [information theory](#)". He was the first to describe the boolean gates (electronic circuits) that are essential to all digital electronic circuits, and he built the first machine learning device, thus founding the field of [artificial intelligence](#).<sup>[1][2][3][4]</sup> He is credited alongside George Boole for laying the foundations of the [Information Age](#).<sup>[5][6][7][4]</sup>

As a 21-year-old [master's degree](#) student at the [Massachusetts Institute of Technology](#) (MIT), he wrote [his thesis](#) demonstrating that electrical applications of [Boolean algebra](#) could construct any logical numerical relationship,<sup>[8]</sup> thereby establishing the theory behind [digital computing](#) and [digital circuits](#).<sup>[9][10]</sup> In 1987, [Howard Gardner](#) called his thesis "possibly the most important, and also the most famous, master's thesis of the century",<sup>[11]</sup> and [Herman Goldstine](#) described it as "surely ... one of the most important master's theses ever written ... It helped to change digital circuit



Shannon c. 1950s

Srećom, zahvaljujući matematičarima znamo kako da u hardveru implementiramo bilo koju Bulovu funkciju



Srećom, zahvaljujući matematičarima znamo kako da u hardveru implementiramo bilo koju Bulovu funkciju

АЛГЕБРА ДВУХПОЛЮСНЫХ СХЕМ, ПОСТРОЕННЫХ  
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ИЗ ДВУХПОЛЮСНИКОВ (АЛГЕБРА А-СХЕМ)<sup>†</sup>

Канд. физ.-мат. наук В. И. Шестаков

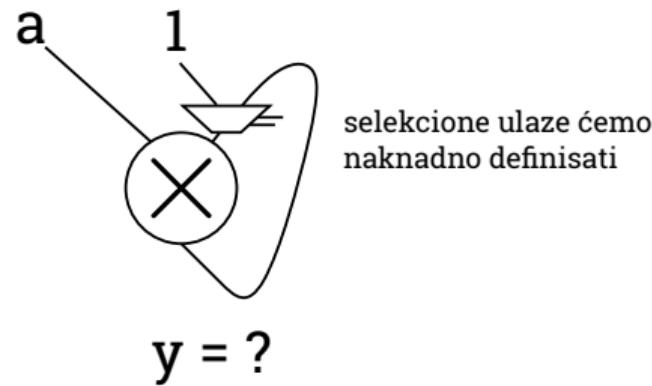
ВЗАИМНО-ОДНОЗНАЧНОЕ СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ А-СХЕМАМИ И  
А-ВЫРАЖЕНИЯМИ  
А-схемы



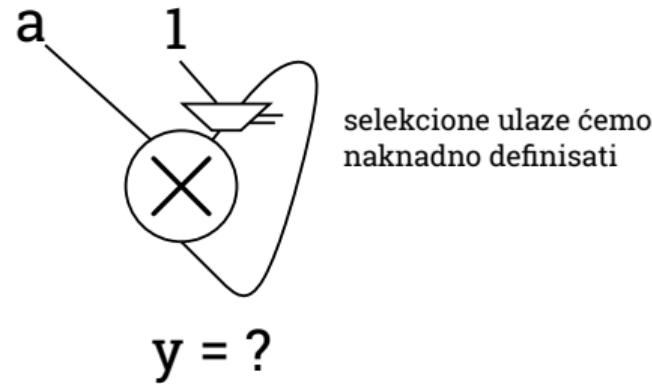
Viktor Ivanovič Šestakov, 1935.  
(u pripremi doktorata na Lomonosovu)

Дата рождения	15 октября 1907
Место рождения	Москва, Российская империя
Дата смерти	3 мая 1987 (79 лет)
Место смерти	Москва, СССР
Страна	Российская империя СССР
Научная сфера	математика
Место работы	ИТМИВТ, МГУ
Альма-матер	МГУ
Учёное звание	профессор
Научный руководитель	Гливенко, Валерий Иванович

Da li će se sada na izlazu množača u nekom trenutku pojaviti  $a^5$ ?

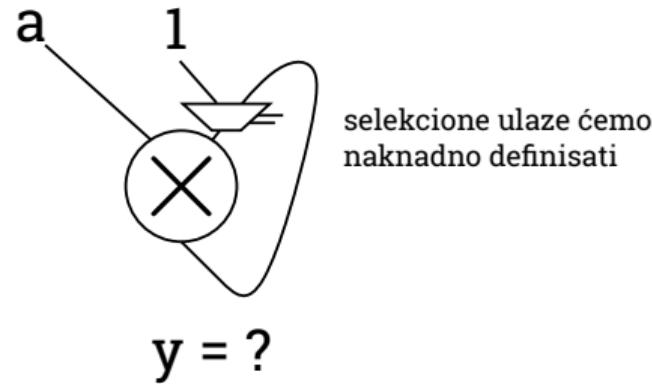


Da li će se sada na izlazu množača u nekom trenutku pojaviti  $a^5$ ?



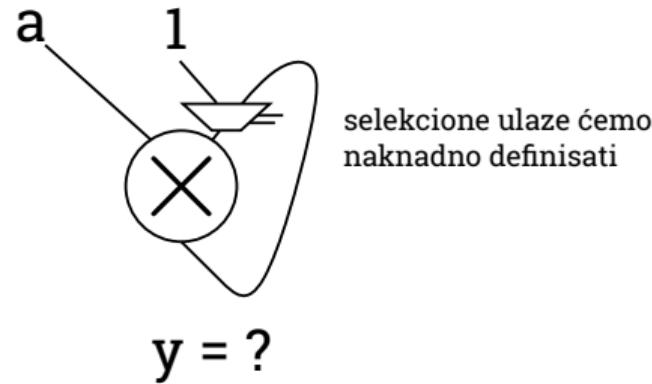
Hoće, ali će ga ubrzo zameniti  $a^6$ , pa  $a^7$ ...

Da li će se sada na izlazu množača u nekom trenutku pojaviti  $a^5$ ?



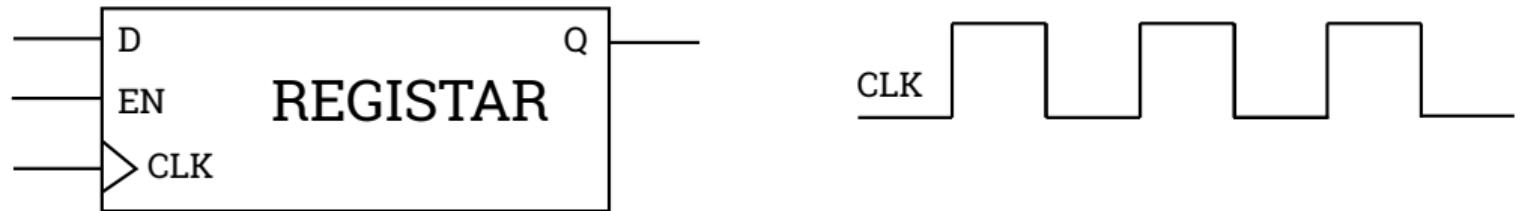
Šta nam onda još nedostaje?

Da li će se sada na izlazu množača u nekom trenutku pojaviti  $a^5$ ?

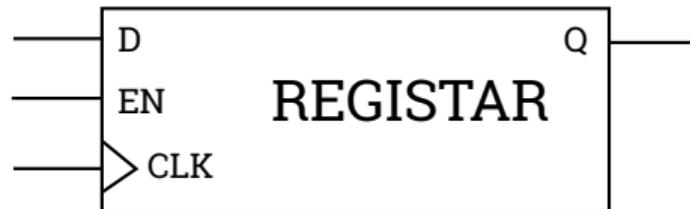


Moramo nekako da izbrojimo 5 množenja i onda zaustavimo dalje množenje

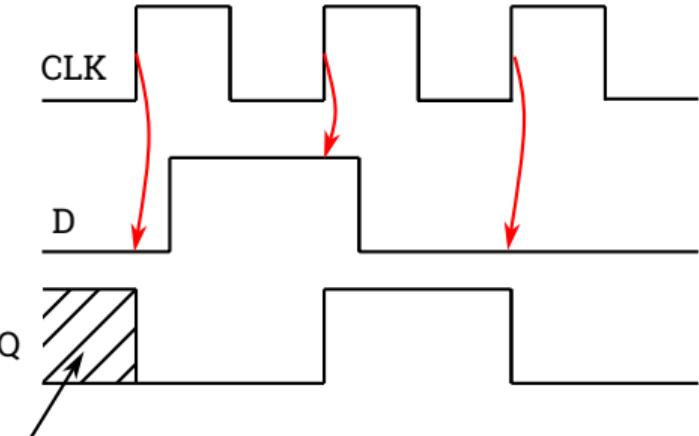
Vreme je da uvedemo još jednu komponentu: registar



Vreme je da uvedemo još jednu komponentu: registar



Kada nađe rastuću ivicu takta,  
registar proverava vrednost ulaza D

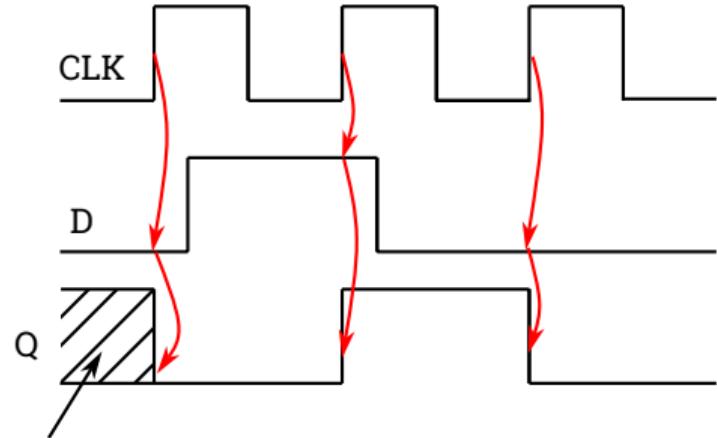


na početku registar sadrži nepoznatu vrednost  
(zato inicijalizujemo promenljive)

Vreme je da uvedemo još jednu komponentu: registar



Kada nađe rastuću ivicu takta,  
registar proverava vrednost ulaza D  
i preslikava je na izlaz Q



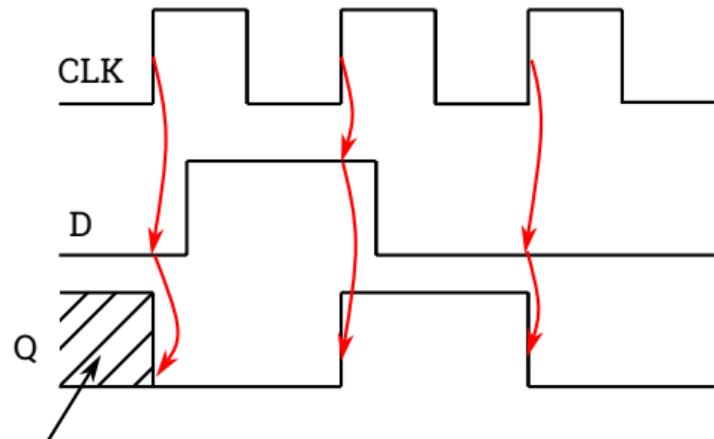
na početku registar sadrži nepoznatu vrednost  
(zato inicijalizujemo promenljive)

Vreme je da uvedemo još jednu komponentu: registar



Kada najđe rastuća ivica takta,  
registar proverava vrednost ulaza D  
i preslikava je na izlaz Q

U međuvremenu, Q zadržava prethodnu vrednost



na početku register sadrži nepoznatu vrednost  
(zato inicijalizujemo promenljive)

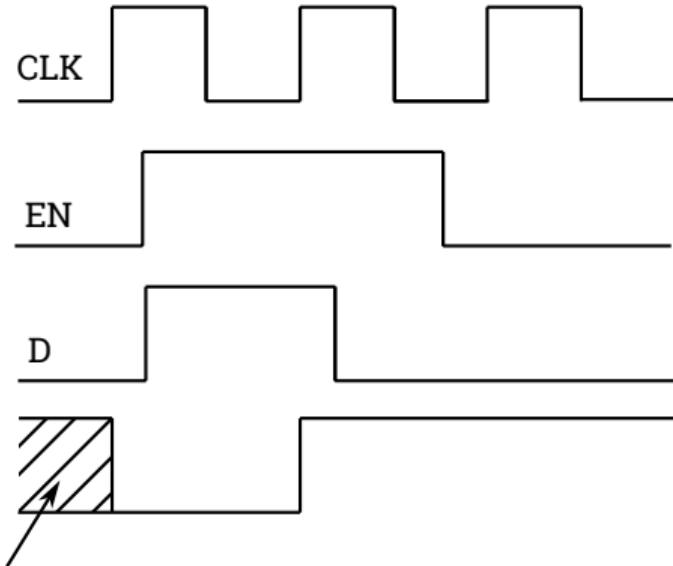
Vreme je da uvedemo još jednu komponentu: registar



EN je signal za dozvolu upisa

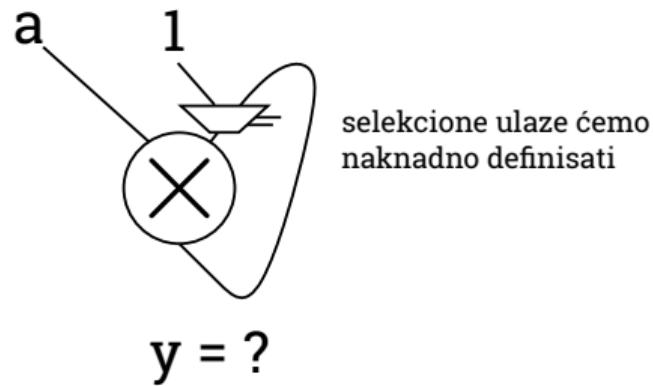
Kada je 1, registar normalno funkcioniše

Kada je 0, Q ne menja vrednost, bez obzira na takt

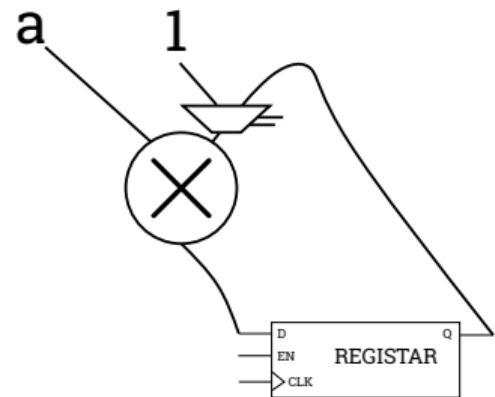


na početku registar sadrži nepoznatu vrednost  
(zato inicijalizujemo promenljive)

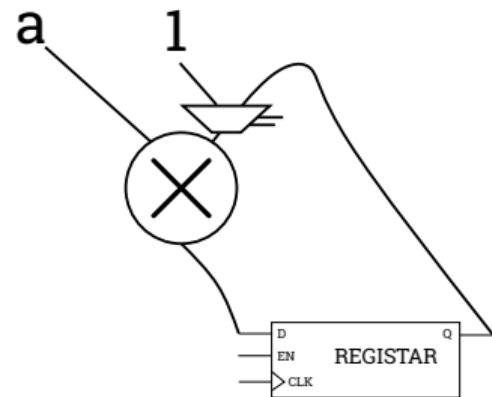
Gde je potrebno da ubacimo registar da bismo sprečili protrčavanje viših stepena?



Gde je potrebno da ubacimo registar da bismo sprečili protrčavanje viših stepena?

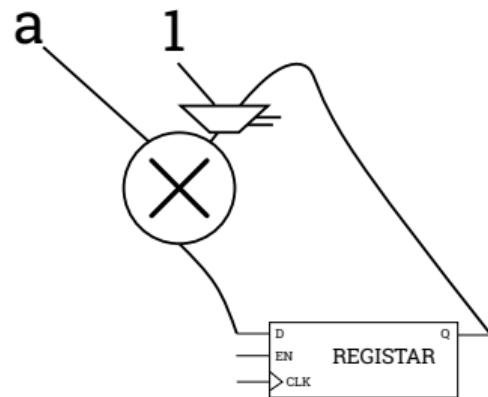


Gde je potrebno da ubacimo registar da bismo sprečili protrčavanje viših stepena?



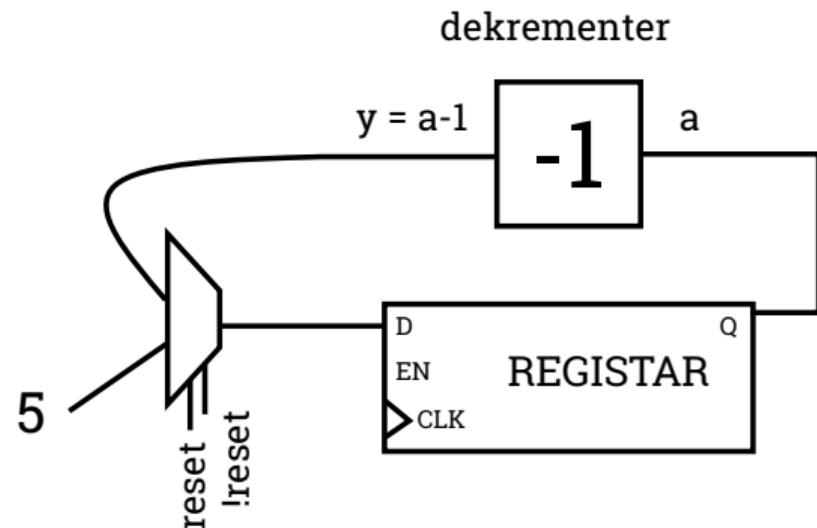
Šta nam još fali?

Gde je potrebno da ubacimo registar da bismo sprečili protrčavanje viših stepena?

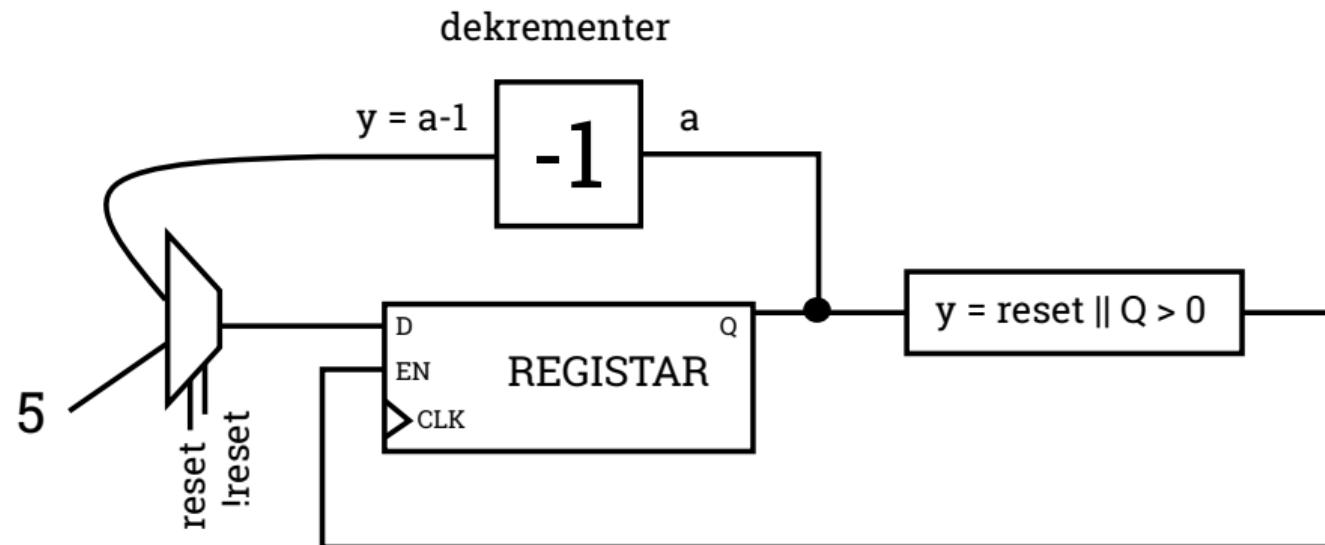


Brojač množenja, da bismo ispravno selektovali ulaze množača i da bismo zaustavili množenje na vreme

# Brojač već znamo da napravimo



# Brojač već znamo da napravimo



# Brojač

Brojač je specijalan slučaj konačnog automata (eng. Finite State Machine). Konačne automate su takođe izmislili matematičari i danas predstavljaju fundamentalni model za sintezu hardvera, ali se često koriste i u programiranju.

The screenshot shows the Wikipedia article for George H. Mealy. The page title is "George H. Mealy". The main content starts with a brief biography: "George H. Mealy (December 31, 1927 – June 21, 2010 in Scituate, Massachusetts)<sup>[1]</sup> was an American mathematician and computer scientist who invented the namesake Mealy machine, a type of finite state transducer. He was also a pioneer of modular programming,<sup>[2][3]</sup> one of the lead designers of the IPL-V programming language,<sup>[4]</sup> and an early advocate of macro processors in assembly language programming.<sup>[5]</sup>" Below this, there is a section about his work at Harvard University and Bell Laboratories.

## George H. Mealy

Contents hide

(Top)

Selected publications

References

3 languages ▼

Read Edit View history Tools ▼

From Wikipedia, the free encyclopedia

**George H. Mealy** (December 31, 1927 – June 21, 2010 in Scituate, Massachusetts)<sup>[1]</sup> was an American mathematician and computer scientist who invented the namesake [Mealy machine](#), a type of finite state transducer. He was also a pioneer of [modular programming](#),<sup>[2][3]</sup> one of the lead designers of the [IPL-V](#) programming language,<sup>[4]</sup> and an early advocate of [macro processors](#) in assembly language programming.<sup>[5]</sup>

Mealy went to Harvard University, where he was active in [radio](#) as business manager for [WHRB](#).<sup>[6]</sup> He graduated in 1951 with an A.B., and at that time began working for Bell Laboratories.<sup>[7]</sup> He later worked at the [RAND Corporation](#),<sup>[8]</sup> then [IBM](#),<sup>[9]</sup> and taught at Harvard.<sup>[10]</sup>

The screenshot shows the Wikipedia article for Edward F. Moore. The page title is "Edward F. Moore". The main content starts with a brief biography: "For other people named Edward Moore, see [Edward Moore \(disambiguation\)](#)". Below this, there is a section about his work as a professor of mathematics and computer science.

## Edward F. Moore

Contents hide

(Top)

Biography

Scientific work

Publications

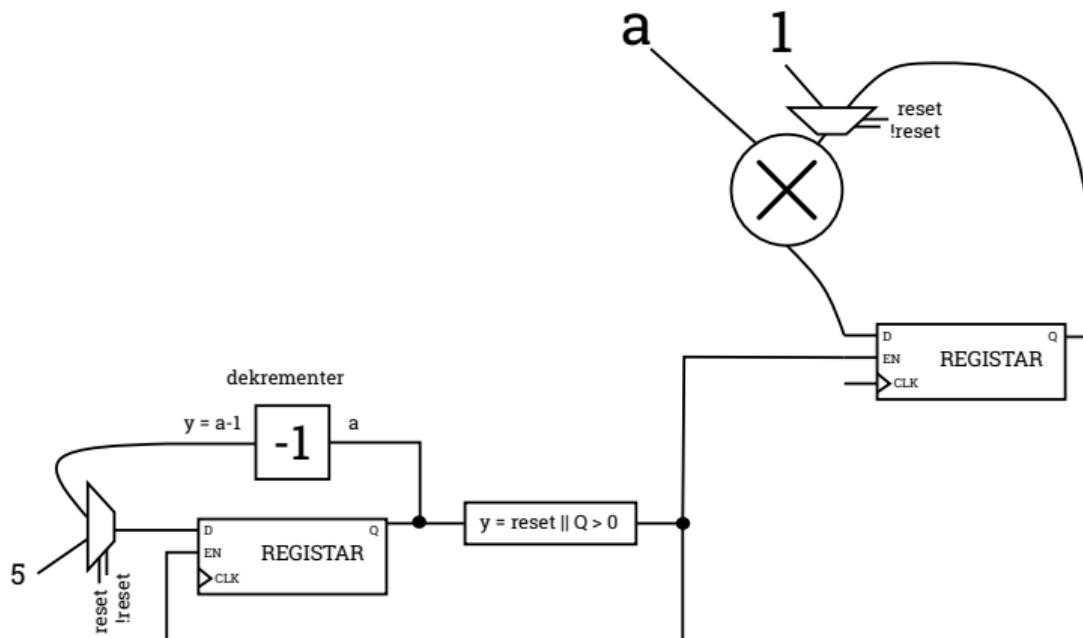
See also

From Wikipedia, the free encyclopedia

*For other people named Edward Moore, see [Edward Moore \(disambiguation\)](#).*

**Edward Forrest Moore** (November 23, 1925 in Baltimore, Maryland – June 14, 2003 in Madison, Wisconsin) was an American professor of [mathematics](#) and [computer science](#), the inventor of the Moore finite state machine, and an early pioneer of artificial life.

# Kako izgleda celo kolo za stepenovanje jednim množačem?



## Šta smo dobili ovim?

- Umesto tri, koristimo samo jedan množač

U vreme nastanka ENIAC-a, aritmetički sklopovi poput množača su bili izuzetno skupi za realizaciju, pa je smanjenje njihovog broja bilo od velikog značaja



# Resource Poverty in 1940s

## EDVAC

### ENIAC

- Parallel, multiple operators
- 18,000 Vacuum tubes
- 1800 sq. ft.

3.7

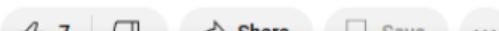
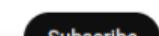
- Stored-Program
- 6,000 Vacuum tubes
- 490 sq. ft.



**ENIAC Day Webinar: André Dehon speaks about carrying ENIAC's Architectural Legacy into Silicon**



Penn Engineering

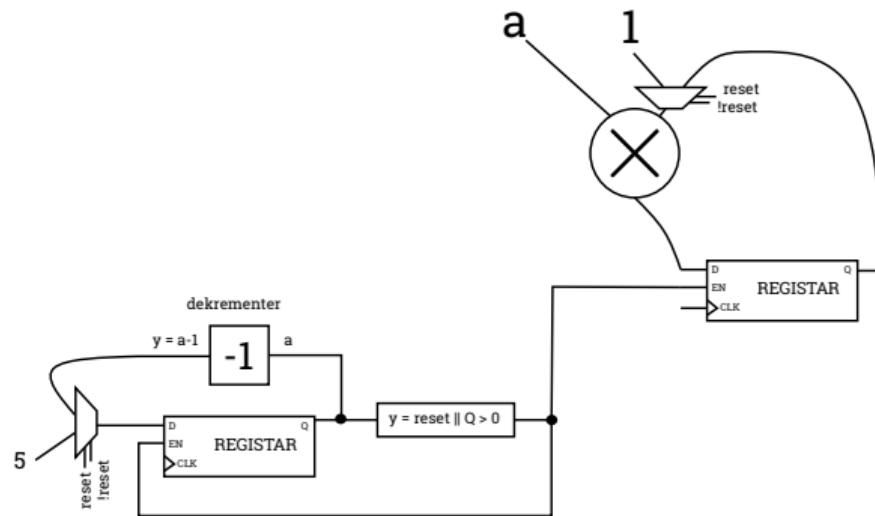


Šta smo još dobili?

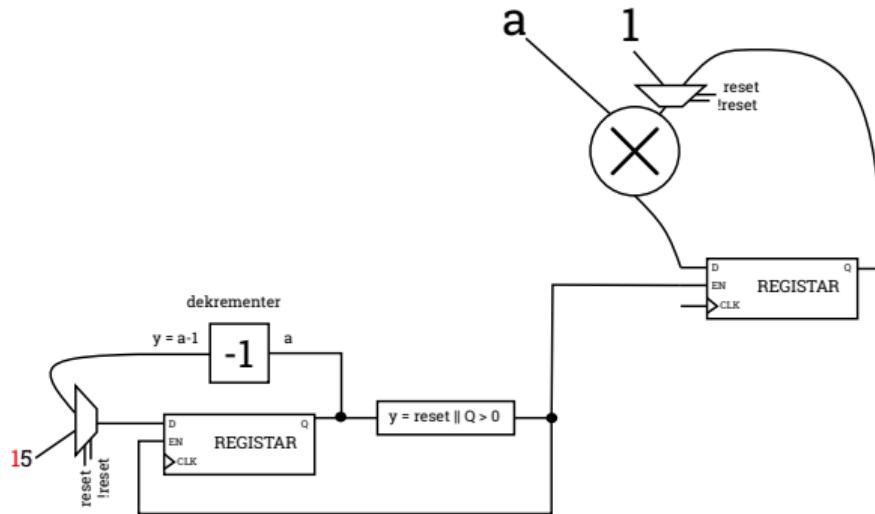
# Šta smo još dobili?

Kako bi izgledalo kolo za računanje 15. stepena?

# Šta smo još dobili?



# Šta smo još dobili?



Više ne moramo da ponovo povezujemo komponente kako bismo izračunali neki drugi stepen. Potrebno je samo da neku drugu vrednost upišemo u odgovarajući registar. To je ključni koncept „vremenskog računanja“ (eng. *Temporal Computing*) koje je danas dominantno. U vreme ENIAC-a, povezivanje je iziskivalo ručni rad, pa je promena paradigme i iz tog razloga bila veoma važna. Na današnjim FPGA čipovima, dešava se automatski.

# Uopštavanje

---

## Kako da izračunamo nešto složenije od stepena?

Uzmimo za primer izraz oblika  $\sum_{i=0}^{N-1} a_i^{n_i}$  i jednu konkretnu instancu  $a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3$

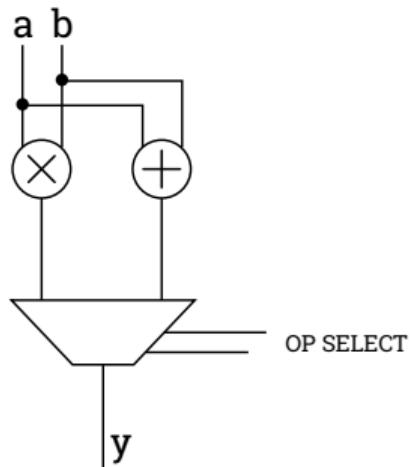
# Koje su nam operacije potrebne?

- sabiranje
- množenje

## Šta smo do sad naučili?

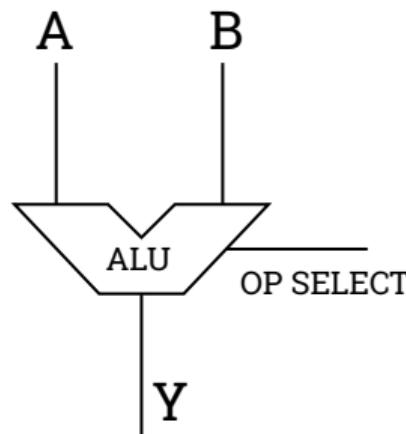
- Možemo da implementiramo bilo koju Bulovu funkciju
- To uključuje i multiplekser kao specijalan slučaj

# ALU

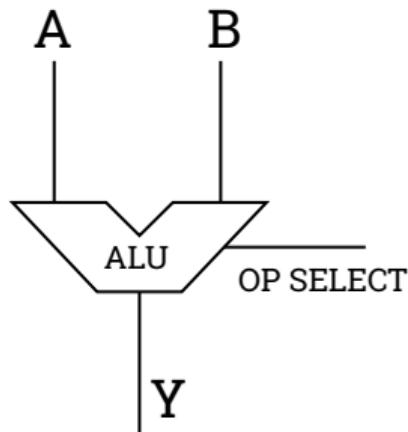


# ALU

Naravno, možemo uključiti i više od dve operacije. U opštem slučaju, ovakav blok nazivamo „aritmetičko-logičkom jedinicom“ (eng. *Arithmetic Logic Unit (ALU)*)

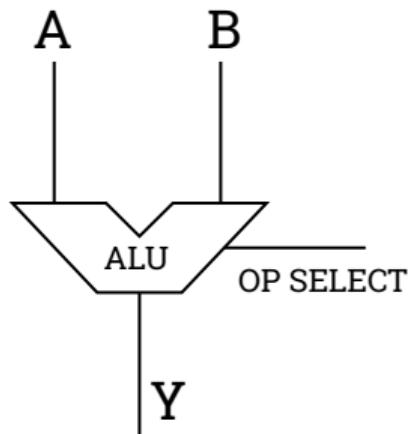


# ALU



Da bismo izračunali  $a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3$ , šta je potrebno da menjamo u vremenu?

# ALU



Potrebno je da menjamo operaciju i operande

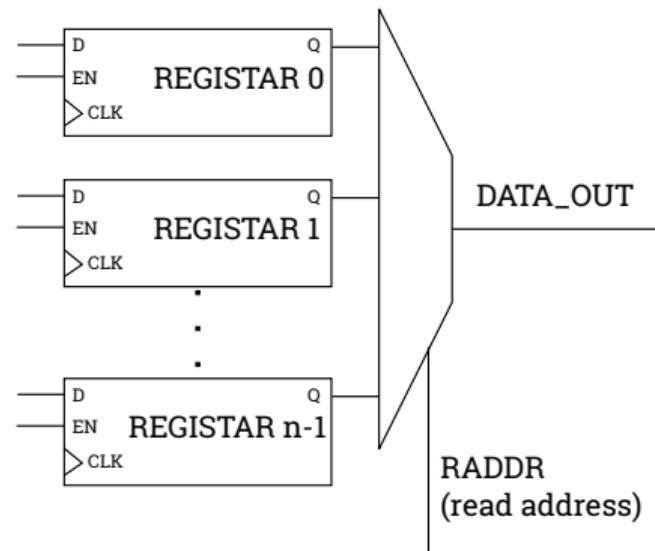
# Ponovo slažemo kockice: registrska banka



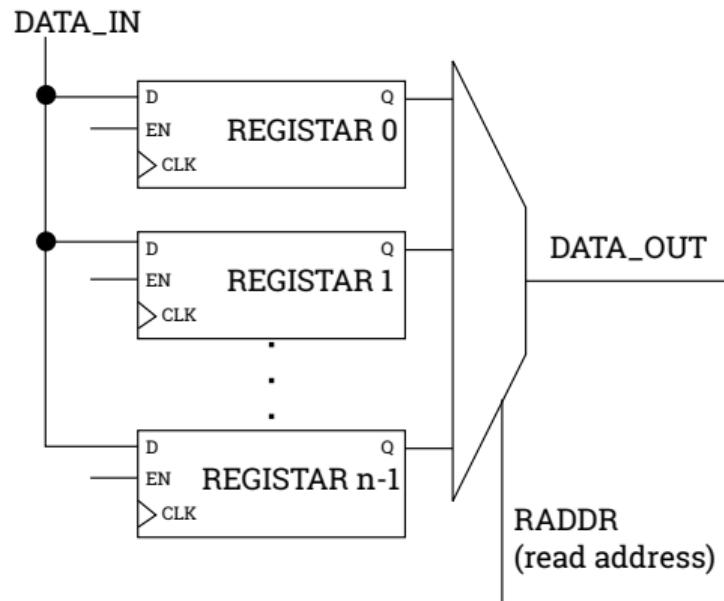
.



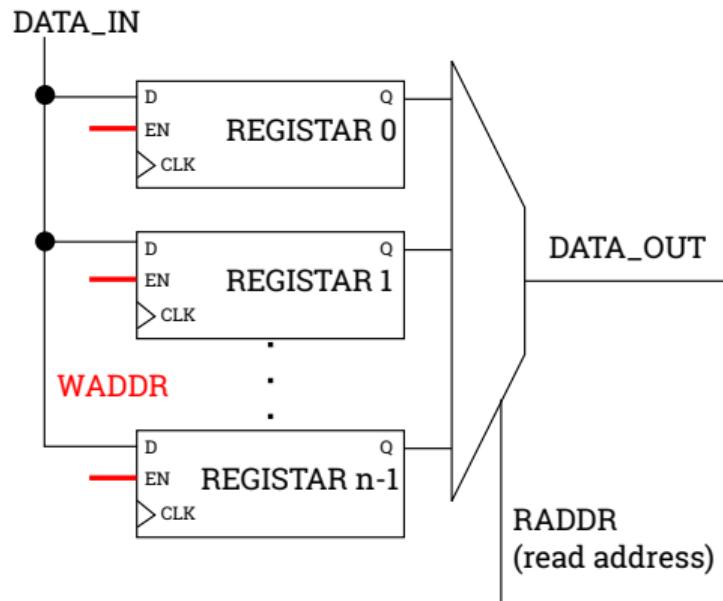
# Ponovo slažemo kockice: registrska banka



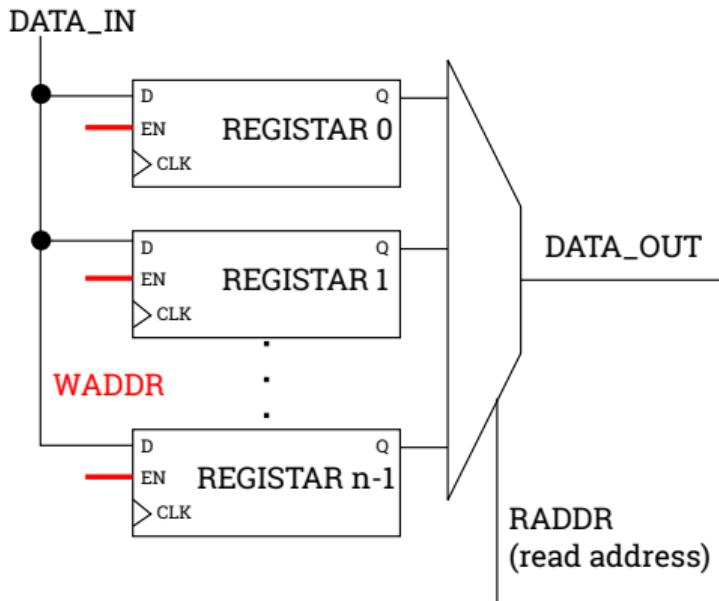
# Ponovo slažemo kockice: registrska banka



# Ponovo slažemo kockice: registrska banka



# Ponovo slažemo kockice: registrska banka



Par (RADDR, DATA\_OUT) nazivamo „pristupom za čitanje“ (eng. *Read Port*), a par (WADDR, DATA\_IN) „pristupom za upis“ (eng. *Write Port*)

# Analogija sa bankom

Jedan registar u registrskoj banci = jedan sef u trezoru banke



Jedan pristup registrske banke = jedan šalter u banci



Sefova je mnogo više nego šaltera (registara je mnogo više nego pristupa)

Za razliku od deponovanja i povlačenja predmeta iz sefa, upis u registar briše prethodni sadržaj, dok ga čitanje ne uklanja

# Mala digresija



## Register file

From Wikipedia, the free encyclopedia

This article needs additional citations for verification. Please help improve this article by adding citations to reliable sources. Unsourced material may be challenged and removed.

A register file is an array of processor registers in a central processing unit (CPU). The instruction set architecture of a CPU will almost always define a set of registers which are used to stage data between memory and the functional units on the chip. The register file is part of the architecture and visible to the programmer, as opposed to the concept of transparent caches. In simpler CPUs, these architectural registers correspond one-for-one to the entries in a physical register file (PRF) within the CPU. More complicated CPUs use register renaming, so that the mapping of which physical entry stores a particular architectural register changes dynamically during execution.



## Banc de registres

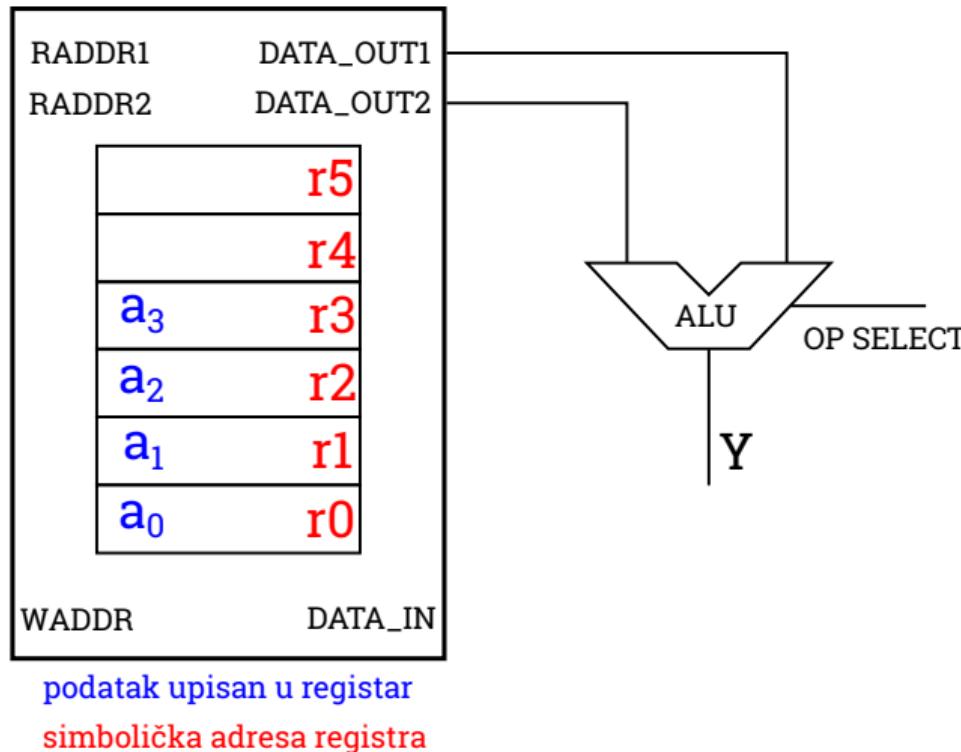
Pour les articles homonymes, voir [Banc](#).

Dans un [processeur](#), un **banc de registres** est une mémoire interne au processeur, dans laquelle sont rassemblés certains (voire la totalité) des [registres](#) du processeur. En anglais, on parle de *register file*.

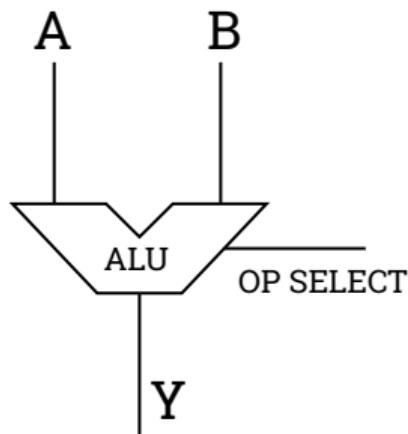
Dans les [microprocesseurs](#), les bancs de registres sont généralement réalisés à l'aide de RAM statique (bascules).



# Šta je sada potrebno da menjamo tokom računanja?



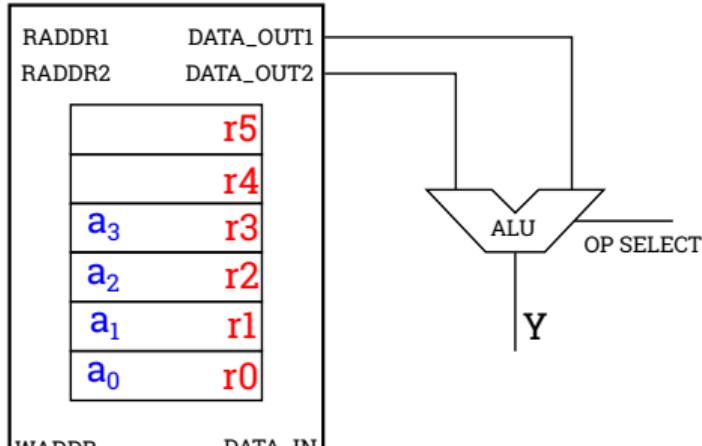
# ALU



Potrebno je da menjamo operaciju i ~~operande~~ adrese registara u kojima su smešteni operandi

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

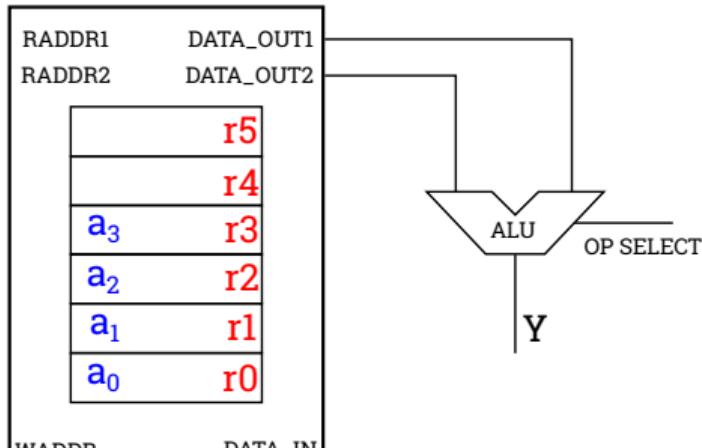


podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

Korak RADDR1 RADDR2 OP  
1)

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

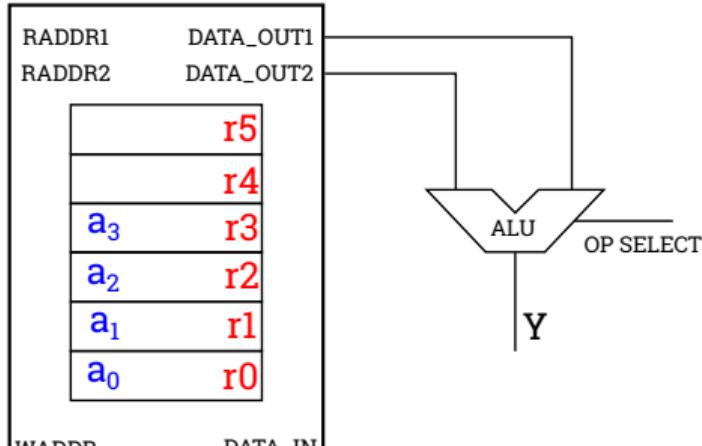


podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

Korak	RADDR1	RADDR2	OP
1)	r0		

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

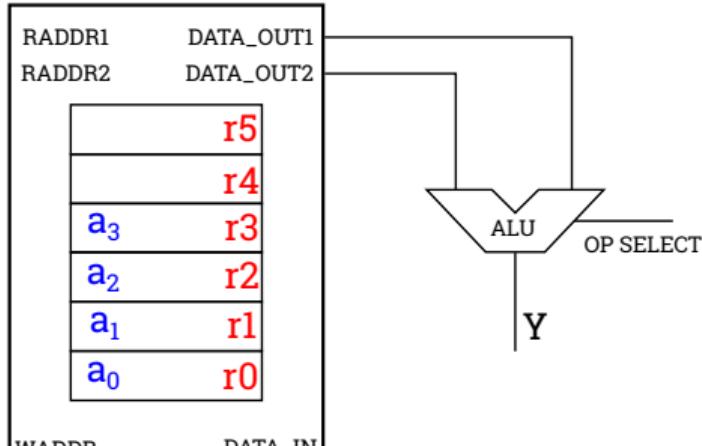


podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

Korak	RADDR1	RADDR2	OP
1)	r0	r0	

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

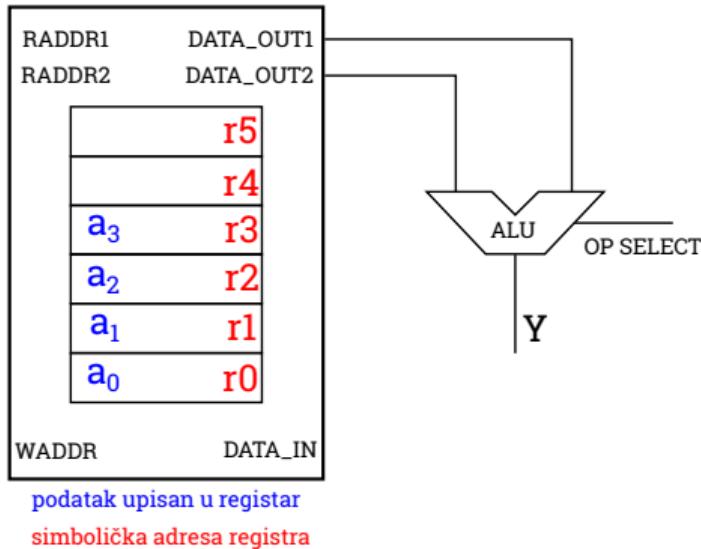


podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

Korak	RADDR1	RADDR2	OP
1)	r0	r0	×

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

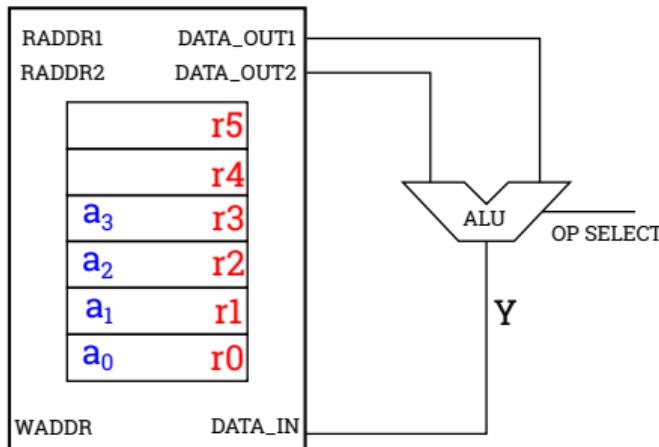


Korak	RADDR1	RADDR2	OP
1)	r0	r0	×

Šta radimo sa rezultatom?

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

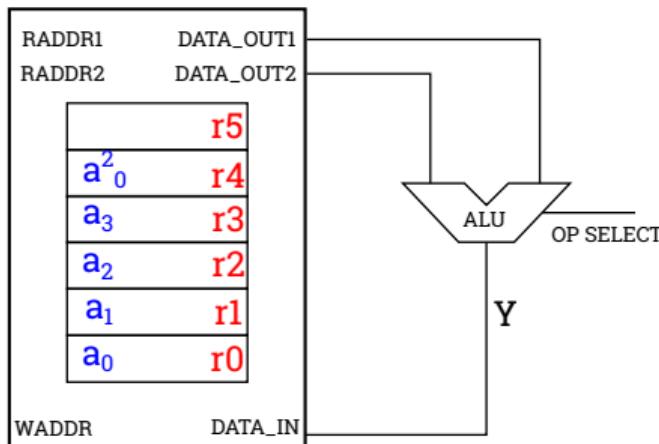


Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	

podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

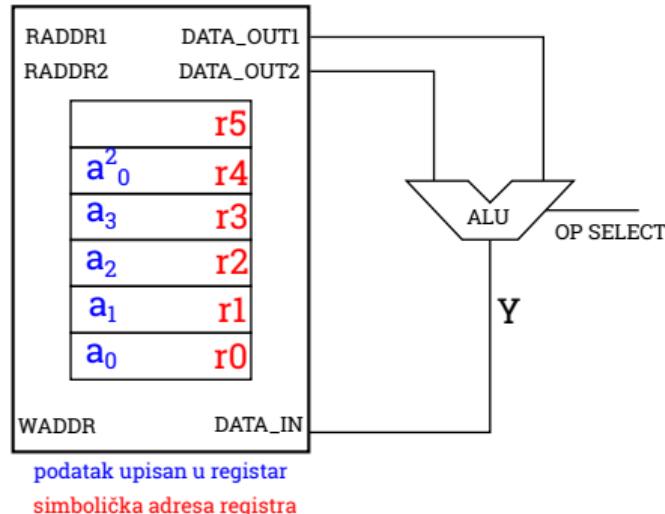


podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	$\times$	r4

# Koraci izmena

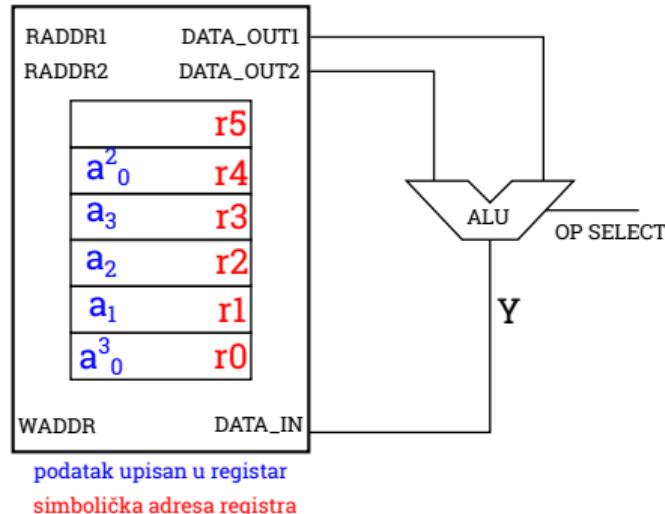
$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	r4
2)	r4	r0	×	r0

# Koraci izmena

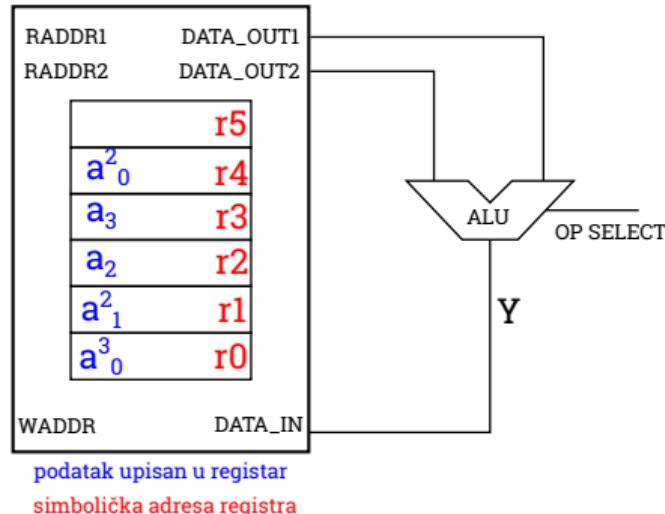
$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	$\times$	r4
2)	r4	r0	$\times$	r0

# Koraci izmena

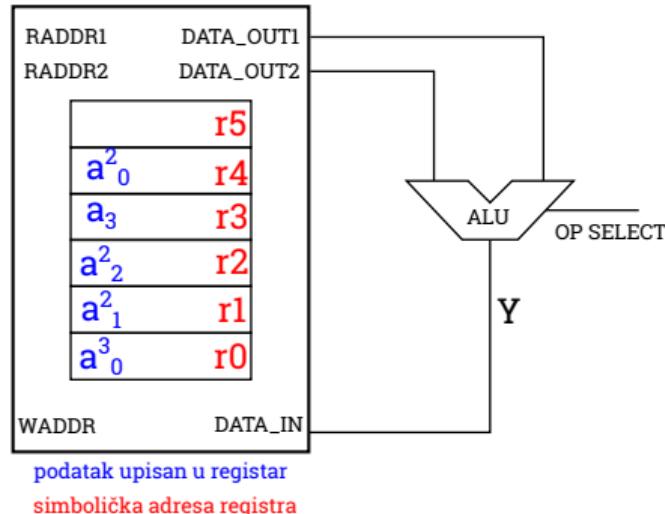
$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	r4
2)	r4	r0	×	r0
3)	r1	r1	×	r1

# Koraci izmena

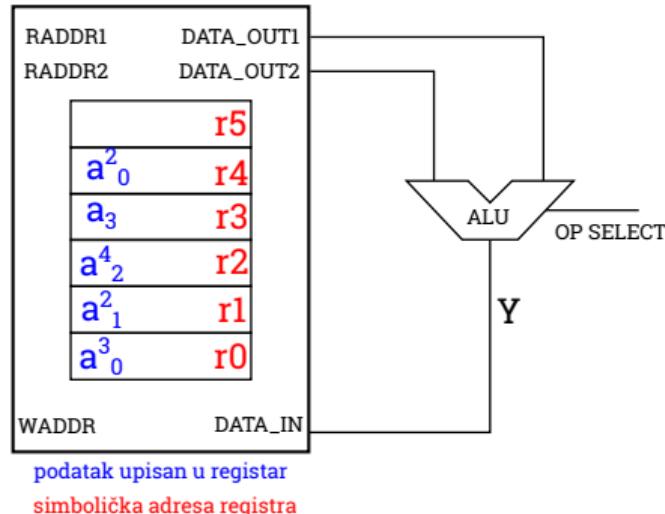
$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	r4
2)	r4	r0	×	r0
3)	r1	r1	×	r1
4)	r2	r2	×	r2

# Koraci izmena

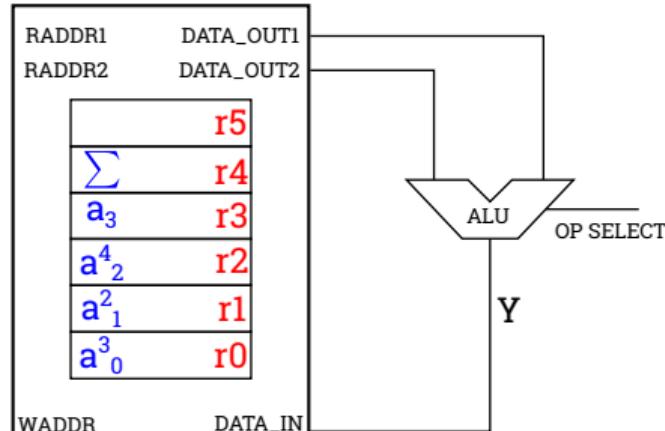
$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	r4
2)	r4	r0	×	r0
3)	r1	r1	×	r1
4)	r2	r2	×	r2
5)	r2	r2	×	r2

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

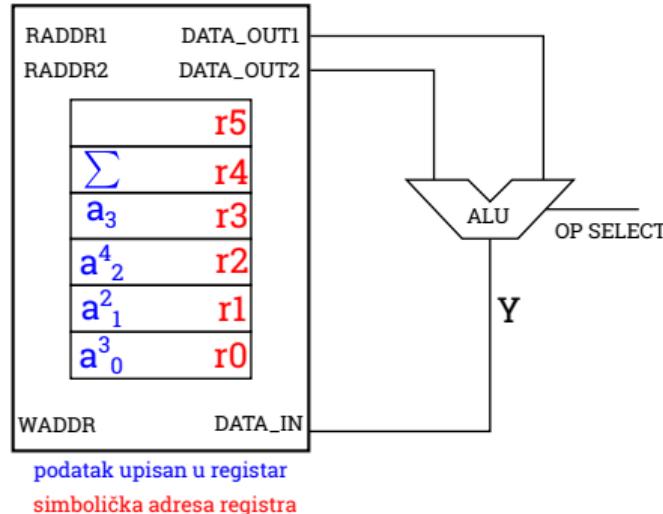


podatak upisan u registar  
simbolička adresa registra

Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	r4
2)	r4	r0	×	r0
3)	r1	r1	×	r1
4)	r2	r2	×	r2
5)	r2	r2	×	r2
6)	r0	r1	+	r4

# Koraci izmena

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



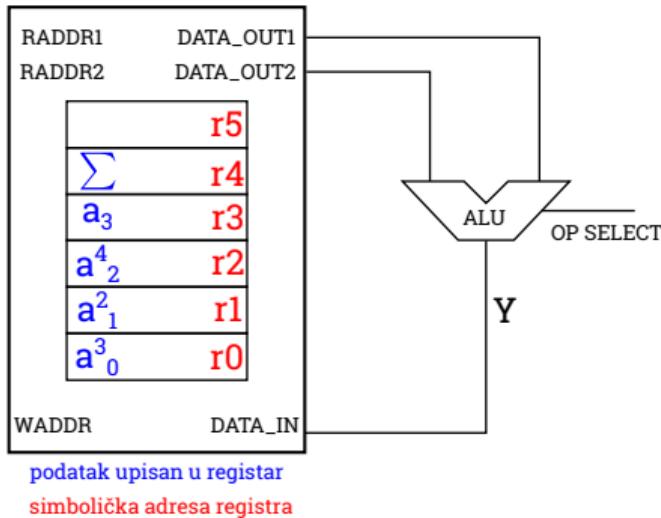
Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	×	r4
2)	r4	r0	×	r0
3)	r1	r1	×	r1
4)	r2	r2	×	r2
5)	r2	r2	×	r2
6)	r0	r1	+	r4
7)	r4	r2	+	r4
8)	r4	r3	+	r4

Kako da omogućimo računaru da sam izvrši te korake?

# Kako da omogućimo računaru da sam izvrši te korake?

Svaka instrukcija je zapravo broj (setite se multipleksera)

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$

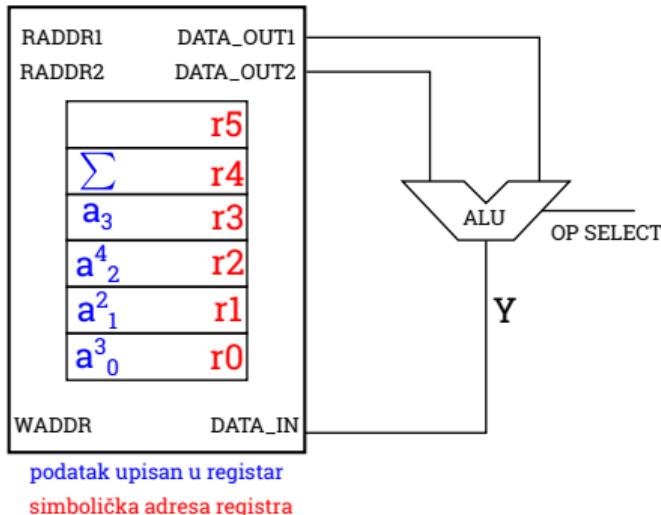


Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	$\times$	r4
	000001	000001	10	010000
	000001000000110010000			

# Kako da omogućimo računaru da sam izvrši te korake?

Svaka instrukcija je zapravo broj (setite se multipleksera)

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a_3^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



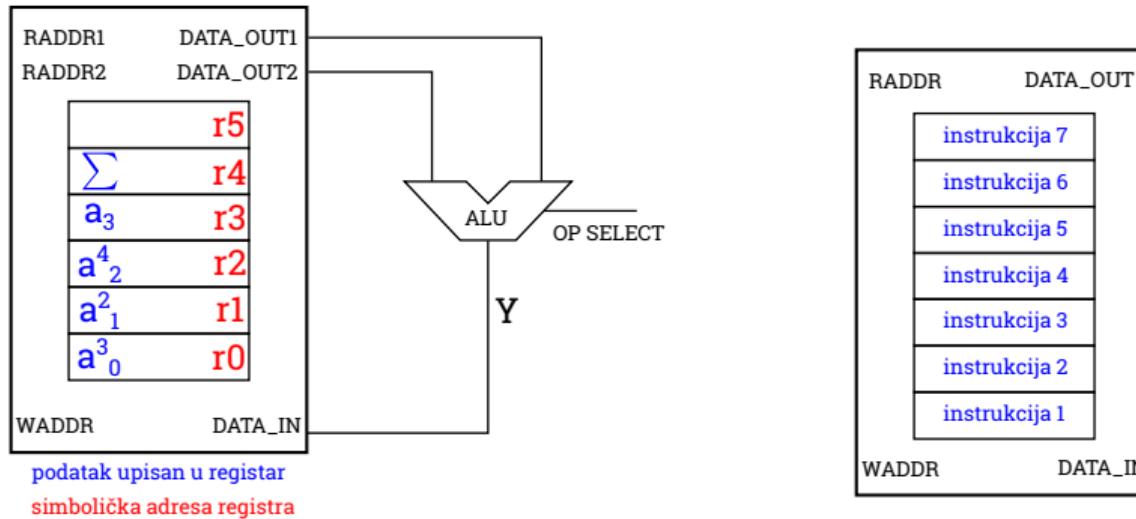
Korak	RADDR1	RADDR2	OP	WADDR
1)	r0	r0	$\times$	r4
	000001	000001	10	010000

00000100000110010000

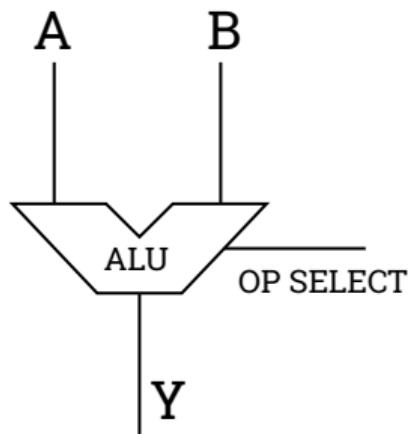
Taj niz brojeva možemo da smestimo u posebnu memoriju

# Šta je sada potrebno da menjamo tokom računanja?

$$a_0^3 + a_1^2 + a_2^4 + a^3 = a_0 \times a_0 \times a_0 + a_1 \times a_1 + a_2 \times a_2 \times a_2 \times a_2 + a_3$$



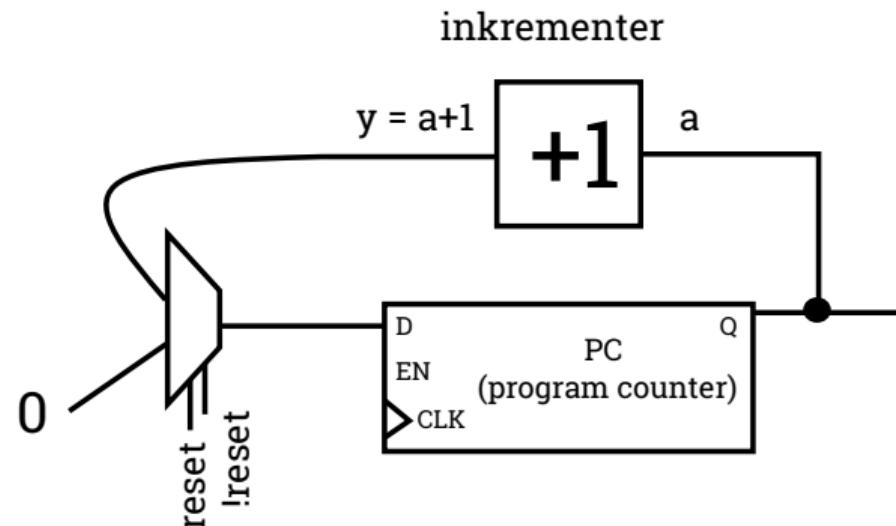
# ALU



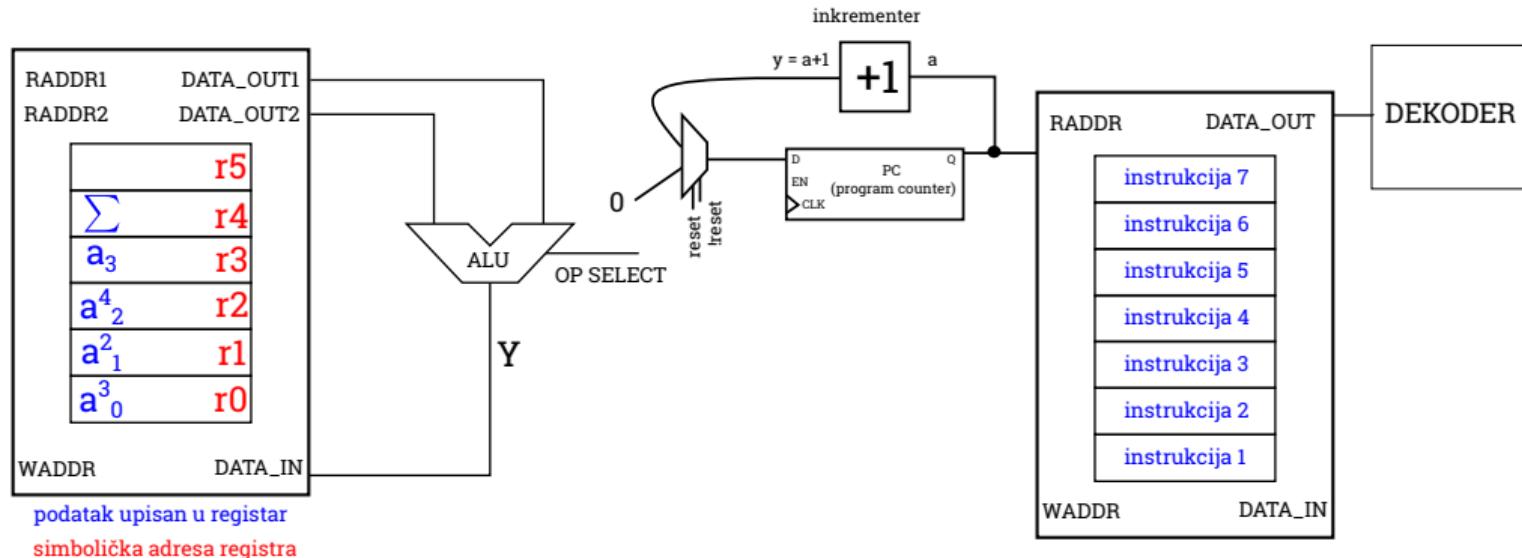
Potrebno je da menjamo operaciju i operande adrese registara u kojima su smešteni operandi adresu instrukcije u memoriji

Kako menjamo adresu?

Ponovo nam je potreban brojač



# Ponovo nam je potreban brojač



Za skokove naprsto direktno upisujemo odgovarajuću adresu u programski brojač

Ovaj tip računara zovemo „računar sa sačuvanim programom” (eng. *Stored-Program Computer*) jer računar sam čita iz memorije niz instrukcija koje čine program koji je potrebno da izvrši

Taj tip arhitekture računara koji je danas absolutno dominantan nazivamo još i „Fon Nojmanova arhitektura”

Izmislili su je Ekert i Mokli, prilikom dizajna naslednika ENIAC-a, pod imenom EDVAC

Formalni opis koncepata uvedenih u EDVAC, prvi je dao Džon fon Nojman (eng. John von Neumann), pa po njemu arhitektura sve do danas nosi ime

# Džon fon Nojman



First Draft of a Report  
on the EDVAC

by

John von Neumann

Contract No. W-670-ORD-4926

Between the

United States Army Ordnance Department

and the

University of Pennsylvania

# Džon fon Nojman



First Draft of a Report  
on the EDVAC

by

John von Neumann

Contract No. W-670-ORD-4926

Between the

United States Army Ordnance Department

and the

University of Pennsylvania

Šta mislite, šta je po struci bio fon Nojman?

# Džon fon Nojman



First Draft of a Report  
on the EDVAC

by

John von Neumann

Contract No. W-670-ORD-4926

Between the

United States Army Ordnance Department

and the

University of Pennsylvania

Pre svega matematičar

# Džon fon Nojman



First Draft of a Report  
on the EDVAC

by

John von Neumann

Contract No. W-670-ORD-4926

Between the

United States Army Ordnance Department

and the

University of Pennsylvania

A šta mislite, gde je rođen i gde je završio gimnaziju?





Zatim je u Cirihu, na ETH, studirao hemiju jer je njegov otac smatrao da matematika nije dovoljno unosna. Na fotografiji je zgrada *Stare hemije* koja je danas deo departmana za računarstvo.

# Ekert o fon Nojmanu

STERN: How do you account for the fact that von Neumann would be interested in a deal with a commercial institution, but yet objected to yours and Mauchly's ideas about commercialization?

ECKERT: I don't think he was a sincere person.

STERN: That certainly would account for it.



ECKERT: Look, he sold all our ideas through the back door to IBM as a consultant for them.

Well, there were very different estimates as to how much money he made but some people claim that he made as much as half a million dollars by consulting with them. Julian Bigelow who was close to him said it was less than that, but that it was substantial.

Inač, Jugoslavija je bila peta zemlja u Evropi koja je imala sopstveni digitalni računar

30 НАЈ-ПРЕДМЕТА  
30 TOP EXHIBITS

## Дигитални диносаурус Digital Dinosaur

У Институту Борис Кидрич – Вилича, 1956. године, под руноводством прва два стручњака из ове области, Тихомира Алексића и Рајка Томовића, започело се са пројектовањем и израдом првог домаћег рачунара, Цифрског електронског рачунара – CER 10. Рађен у комбинованим технологијама електронских цеви, релеја и транзистора, то је био један од првих лет самостално развијених рачунара у Европи. Овај прототип, који је у међувремену пресељен у Институт Михајло Пупин, завршен је и представљен јавности 1960. године, након чега је, уз одређене дораде, инсталiran у СНК (Савезна комисија за нулнеарну енергију), у згради Тонђеве, где га је користило Министарство спољних послова на пословима дешифрована.

До 1975. године прављени су све напреднији модели серије CER рачунара, 11, 20 и 30, 202, 12, 101 и 111, чији корисници су били велика државна предузећа, установе и војска.

CER 10 са својих шест двокрилних металних ормана и периферним јединицама, заузимао је климатизовану просторију од 80 квадратних метара и трошио је 10 kW/h електричне енергије. У њега је било уграђено 1750 електронских цеви и 1500 транзистора. Имао је примарну меморију од 4 килобајта и рачунао је средњом брзином од 50.000 операција у секунди, што је, поређења ради, милион пута мање меморије и 40.000 пута спорије од данашњег проценчног кућног рачунара.

Сачуване делове рачунара CER 10, 12 и 111 Музеју науке и технике поклонио је Институт Михајло Пупин 2006. године.

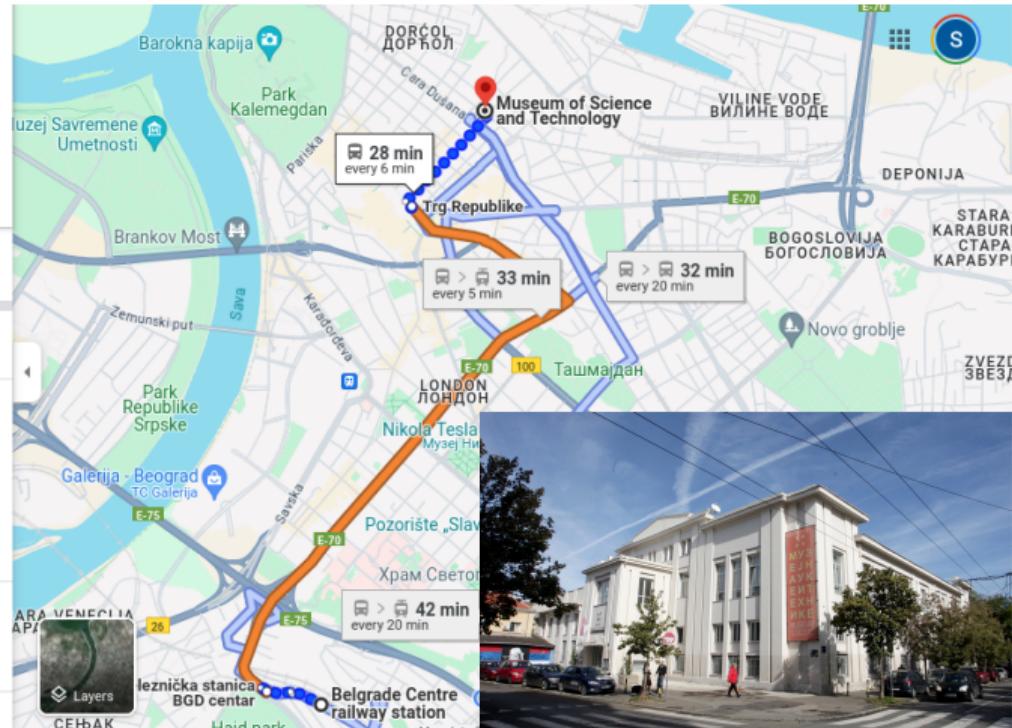
20

Назив предмета:  
Рачунар CER 10 – део  
аритметичке јединице  
Произвођач:  
Институт Михајло Пупин

Inač, Jugoslavija je bila peta zemlja u Evropi koja je imala sopstveni digitalni računar

The screenshot shows a navigation interface with the following details:

- Top bar: Best route (12 min), Car (28 min), Bus (58 min), Pedestrian, Bike, Flight.
- Search results:
  - Belgrade Centre railway station, Beograd
  - Museum of Science and Technology, Sremska Kamenica
- Leave now button and Options menu.
- Send directions to your phone and Copy link buttons.
- Details section:
  - 10:41 AM—11:09 AM (28 min):
    - 10:47 AM from Železnička stanica BGD centar
    - every 6 min
    - 14 min every 6 min
  - 10:39 AM—11:11 AM (32 min):
    - 10:39 AM—11:11 AM (32 min)
    - every 20 min
  - 10:39 AM—11:12 AM (33 min):
    - 10:39 AM—11:12 AM (33 min)
    - every 20 min



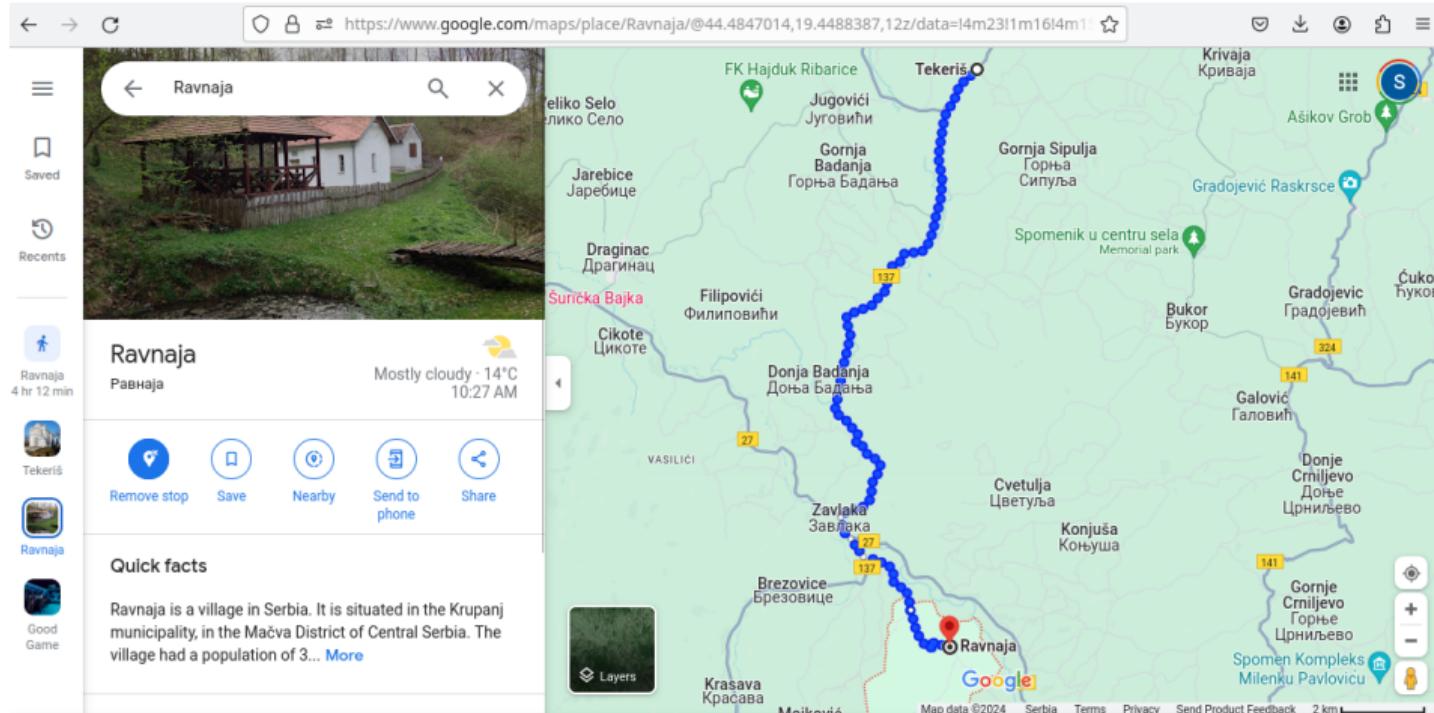
Inače, Jugoslavija je bila peta zemlja u Evropi koja je imala sopstveni digitalni računar



Tihomir Aleksić (Ravnaja, 1922-Beograd, 2004)

Inač, Jugoslavija je bila peta zemlja u Evropi koja je imala sopstveni digitalni računar

## CER = Cifarski elektronski računar



Inač, Jugoslavija je bila peta zemlja u Evropi koja je imala sopstveni digitalni računar

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.sanu.ac.rs/en/academician-rajko-tomovic-a-scientist-of-all-time/>. The page features the official logo of the Serbian Academy of Sciences and Arts (SANU) on the left, which includes the text "Српска академија наука и уметности" and "SANU". To the right of the logo is the English translation "SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS". Below the logo is a black and white portrait of an elderly man with white hair, identified as Academician Rajko Tomović. The background of the main content area is light gray. At the bottom of the page, there is a quote in red text attributed to Academician Dejan B. Popović.

Српска академија  
наука и уметности  
Кнез Михаило 33  
11000 Београд  
Телефон: +381(0)11 2027.100  
sanu@sanu.ac.rs

ПОЧЕТНА  
О АКАДЕМИЈИ  
ОРГАНИЗАЦИЈА  
ОДељења  
Чланство  
БИБЛИОТЕКА  
АРХИВ  
ГАЛЕРИЈА ЛИКОВНЕ И МУЗИЧКЕ  
УМЕТНОСТИ  
ГАЛЕРИЈА НАУКЕ И ТЕХНИКЕ  
АУДИОВИЗУЕЛНИ АРХИВ  
ОГРАНАК У НОВОМ САДУ  
ОГРАНАК САНУ У НИШУ  
ЦЕНТАР У КРАГУЈЕВЦУ  
ИНСТИТУТИ САНУ  
ГЕОГРАФСКИ ИНСТИТУТ  
ГЕОФИЗИЧКИ ИНСТИТУТ

80%

SERBIAN ACADEMY  
OF SCIENCES AND ARTS

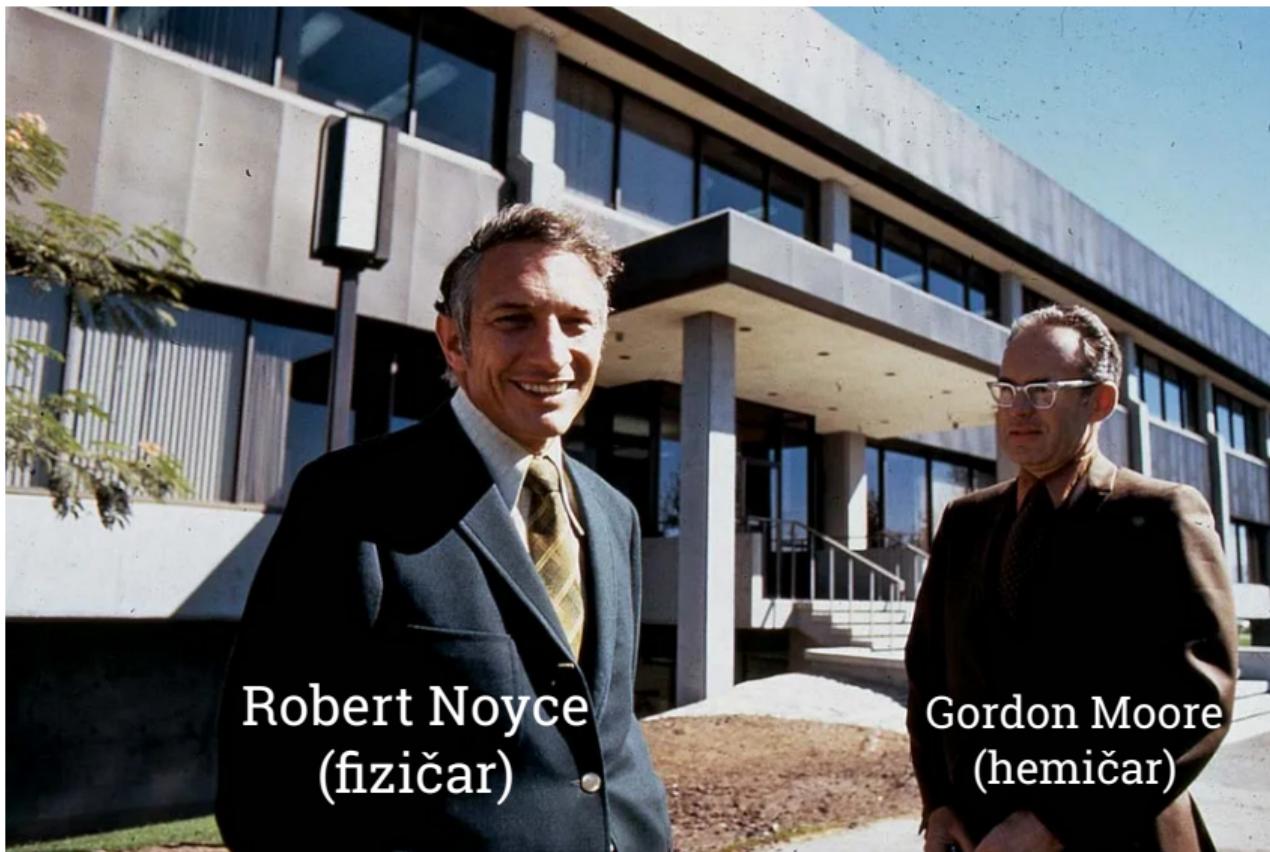
Academician Rajko Tomović – a scientist of all time

*Excerpts from the text of Academician Dejan B. Popović, a longtime close associate of Academician Rajko Tomović*

Reč, dve o selu

---

# Da li znate ko su ovi ljudi?



Robert Noyce  
(fizičar)

Gordon Moore  
(hemičar)

# Odrastanje Roberta Nojsa

## Intervju sa Robertom Nojsom iz 1975:



**Wolff:**

Did you have siblings?

**Noyce:**

I have three brothers. One teaches chemistry at Cal, one works for IBM in San Jose and the other is in the Divinity School at Yale.

**Wolff:**

That's interesting. There is a lot of technical interest in your family. To what do you attribute that?

**Noyce:**

I don't know.

**Wolff:**

It's unusual to have three out of four brothers who went into technology. Was there anything special about your high school?

**Noyce:**

No, I really don't think so. I think it was a drifting. I respected my older brother, the one that teaches at Cal, and growing up in a small town in the Midwest we got exposed to a lot of mechanical gadgets, farm machinery and whatnot. One of the things that we did in the neighborhood was tear apart the local Model T and put it back together and that sort of thing. I always felt comfortable with physical things, so it was an area that came easily.

Sjajna romansirana biografija Roberta Nojsa iz 1983.  
koja govori o nastanku i duhu Silicijumske doline:



# Potencijalna zarada od projekta Jadar

Nacionalni racuni - Godišnji nacionalni racuni  
01.10.2024  
Prethodni rezultati  
Bruto domaći proizvod, 2023.

Bruto domaći proizvod (BDP) u 2023. godini iznosio je, u tekućem cenama, 8 817 763 miliona RSD. U odnosu na prethodnu godinu, BDP je nominalno veći za 18,2%, a realno za 3,8%.

RioTinto

Projekat „Jadar“ | Životna средина | Заједница | Комуникације | Навахе | Каријера | Аријела

Какво је тржиште литијума?

Какве користи од тога име Србија?

Уколико буде одобрен „Јадар“ би једна од највећих индустријских инвестиција у Србији и доноси би директан приход од 1% и нидиректан од 4% у складу са ЕУДИС. У инградњи рудника би учествовали многи српски добављачи, а помогли бисмо и развој локалних предузећа како би она могла да пруже подршку раду рудника у десетицама које су пред нама. У руднику Јадар би се, такође, запосљава велики број људи, током изградње било би отворено 3500 радних места, а 1300 запослених би радило на експлоатацији и преради пошто производња почне.

Да ли ће се ланц вредности проширити ван експлоатације?

Ako odlučimo da u potpunosti verujemo kompaniji Rio Tinto i Republičkom zavodu za statistiku, Srbija bi od projekta Jadar na godišnjem nivou prihodovala oko 800 miliona američkih dolara

Currency conversion

88177630      790953.34

RSD - Serbian Dinar      USD \$ - US Dollar

1 RSD = 0.00897 USD \$ - Last updated Jan 24, 2025 10:41:10 AM GMT+1

Powered by Ecosia · Open Exchange Rates      Is this helpful?

# Zarada od znanja i kreativnosti

Intel Corporation  
2200 Mission College Blvd.  
Santa Clara, CA 95054-1549



## CFO Commentary on Fourth-Quarter and Full Year 2013 Results

### Summary

The fourth quarter came in consistent with expectations.

For the fourth quarter revenue came in at \$13.8B, up 3% from a year ago. PC Client Group revenue grew 2% quarter over quarter and was flat from a year ago. Our Data Center Group grew 3% quarter over quarter and 8% from a year ago. Relative to our expectations at the beginning of the quarter we saw higher PC Client Group revenue slightly offset by slower growth in our Data Center Group. Gross margin of 62% was flat to the third quarter and one point above the mid-point provided in the Outlook. Operating income for the fourth quarter was \$3.5B which was up 12% from a year ago. Earnings per share was 51 cents which is up 6% from a year ago.

For full year 2013 revenue was \$52.7B, gross margin was 60%, operating income was \$12.3B, net income was \$9.6B, and earnings per share was \$1.89. While the PC market was down on the year, we saw the market stabilize in the back half of the year with fourth quarter PC units up from a year ago. Additionally we saw strong tablet growth in the back half of the year, and inclusive of PC and tablets, our unit growth in the fourth quarter was up almost 10% from a year ago. Our Data Center Group continued to benefit from the build out of the cloud and our strong product portfolio and posted another year of growth.

Čist profit kompanije Intel je samo u 2013. godini iznosio 9,6 milijardi američkih dolara. To bi danas iznosilo 12,56 milijardi što odgovara ukupanom predviđen prihodu Srbije od rudnika tokom > 15 godina eksplotacije

The screenshot shows the homepage of the US Inflation Calculator. The URL https://www.usinflationcalculator.com is visible in the address bar. The main header reads "US INFLATION CALCULATOR" with a "C" logo. Below the header are navigation links: "Inflation Calculator", "Inflation and Prices", "Gas, Food & Other Inflation", and "Items Adjusted for Inflation". A sub-header states "a CoinNews Media Group Company".

The U.S. Inflation Calculator measures the dollar's purchasing power over time. Figures for 2025 will be released on Feb. 12 with January's data update.

The screenshot shows the "Inflation Calculator" interface. It asks for two points in time: "If in 2013 (enter year)" and "I purchased an item for \$9.60 (enter amount)". It then asks for another point in time: "then in 2023 (enter year)". The calculator then shows the result: "that same item would cost: \$12.56" and "Cumulative rate of inflation: 30.8%". A "Calculate" button is visible at the bottom.

Learn how this calculator works. The US Inflation Calculator uses the latest US government CPI data published on January 15 to adjust and calculate for inflation through December (See recent inflation rates.) The U.S. Labor Department's Bureau of Labor Statistics will release inflation data for January on February 12, 2025.

# Selo nisu samo maline i kukuruz, već pre svega ljudi



Tihomir Aleksić (Ravnaja, 1922-Beograd, 2004)

## Ravnaja

Чланак [Рааговор](#) [Ћир./lat.](#) ▾

Читај [Уреди](#) [Уреди извор](#) [Историја](#) [Алатке](#) ▾

11 језика ▾

С Википедије, слободне енциклопедије

Координате: 44° 25' 49" С; 19° 30' 02" И

**Равнаја** је насеље у [Србији](#) у [општини Крупањ](#) у [Мачванском округу](#). Према попису из [2011.](#) било је 235 становника.

Овде се налази [Црква Светог пророка Илије](#) у Равнаји.

### Географија [\[уређи\]](#) [\[уређи извор\]](#)

У близини села протиче река Јадар.

### Демографија [\[уређи\]](#) [\[уређи извор\]](#)

У насељу Равнаја живи 265 пунолетних становника, а просечна старост становништва износи 45,6 година (46,6 код мушкараца и 44,6 код жена). У насељу има 104 домаћинства, а просечан број чланова по домаћинству је 3,11.

**Равнаја**



Црква Светог пророка Илије

**Административни подаци**

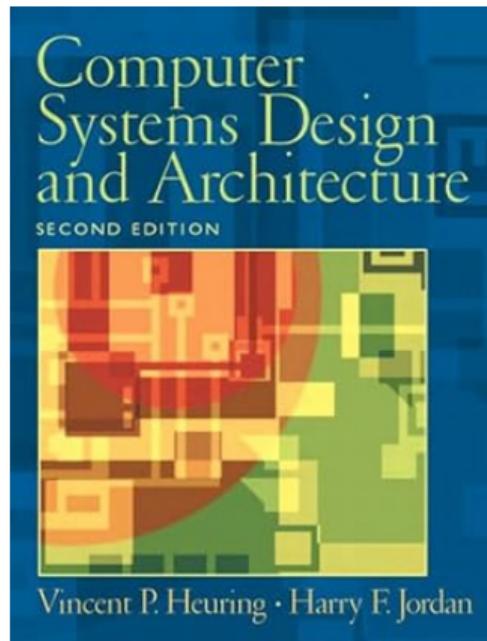
Држава	Србија
Управни округ	Мачвански
Општина	Крупањ

**Становништво**

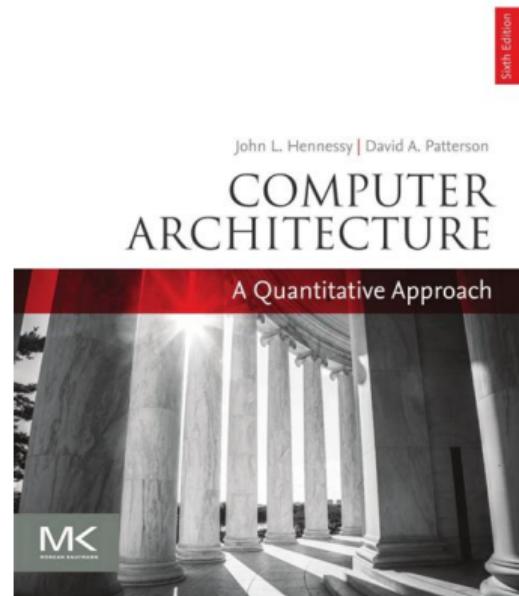
– 2011.	▼ 235
---------	-------

**Географске карактеристике**

# Ako neko želi da nauči više o arhitekturi računara



Odlična knjiga za uvod



Nezvanična "Biblija"

# Da li je Ojler mogao da nađe kontraprimer i bez računara?

Podsetnik: da li postoji kombinacija 4 cela broja  $\leq 150$  takva da je zbir njihovih petih stepena jednak petom stepenu nekog celog broja

Podrazumevali smo da je računanje petog stepena iziskivalo u proseku 60 sekundi, te da bi Ojleru ukupno bilo potrebno  $> 77$  godina

## Hardver je bitan, ali je algoritam najčešće bitniji

Mogao bi da sačini tablicu petih stepena i da odatle uzima vrednosti, umesto da stalno iznova računa

To bi  $5 \times 3 \times 3 = 30$  elementarnih operacija po stepenu svelo na jednu, te bi završio posao za oko dve i po godine

# Još neke zanimljivosti

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://jacobin.com/2020/08/computer-yugoslavia-galaksija-voja-antonic>. The page is from the magazine JACOBIN. The main headline is "The Lost History of Socialism's DIY Computer" by Michael Eby. Below the headline is a black and white photograph of two men working on electronic equipment. A YouTube video player is embedded on the page, showing a video titled "Voja Antonić Oral History" from the Computer History Museum. The video details the creation of the Galaksija computer in Yugoslavia. The video player shows the title, date (August 16, 2017), running time (1:04:38), and playback controls.

08.02.2020 Europe Science and Technology / History

Subscribe Magazine

BY MICHAEL EBY

**The Lost History of Socialism's DIY Computer**

YouTube Search

Computer History Museum

Voja Antonić Oral History

Interviewee: Voja Antonić  
Interviewer: Dag Spicer

August 16, 2017  
Running time 1:04:38

0:00 / 1:04:52

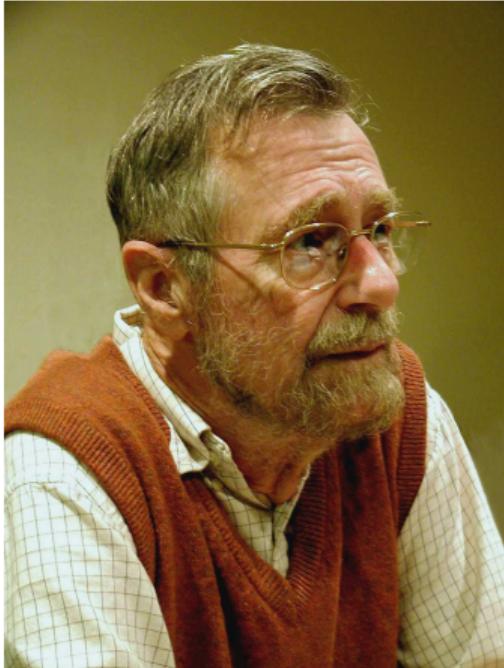
Oral History of Voja Antonić

Computer History Museum

Subscribe

Like 55 Share Clip ...

# Edsger Dajkstra (Edsger Dijkstra)



*Nakon što sam programirao oko tri godine, imao sam razgovor sa A. van Vingardenom, mojim tadašnjim šefom u Matematičkom centru u Amsterdamu. Bio je to razgovor na kom ću mu biti zahvalan dok sam živ. Suština je bila u tome da je trebalo da istovremeno studiram teorijsku fiziku na Univerzitetu u Lajdenu, a kako mi je bivalo sve teže i teže da kombinujem te dve aktivnosti, trebalo je da donesem odluku: ili da prestanem da programiram i postanem pravi, ozbiljan teorijski fizičar, ili da nastavim svoje studije fizike do tek formalnog završetka, uz minimalni trud, i da postanem... Da, šta? Programer? Ali je li to bilo zanimanje vredno poštovanja? Na kraju krajeva, šta je to bilo programiranje? Gde je bilo smislen korpus znanja koji bi programiranje podržao kao intelektualno ozbiljnu disciplinu? Sećam se prilično živo koliko sam zavideo svojim kolegama iz oblasti hardvera koji su, kada bi ih neko upitao za stručna znanja, barem mogli da kažu da znaju sve o vakuumskim cevima, pojačavačima i sličnom. S druge strane, ja sam se pri susretu sa tim pitanjem nalazio bez odgovora. Pun nedoumica, pokucao sam na vrata van Vingardenove kancelarije i upitao ga da li mogu „na trenutak“ da razgovaram sa njim. Kada sam, posle nekoliko sati, napustio njegov kabinet, bio sam druga osoba. Nakon što je pažljivo saslušao moje probleme, složio se da do tada nije bilo nečeg poput programerske discipline. Zatim je dodao da su automatski računari tu da ostanu, da smo mi tek na početku, i zar ne bih ja mogao da budem jedna od tih osoba pozvanih da programiranje učine ozbiljnom disciplinom u godinama koje slede? To je bila prekretnica u mom životu i završio sam svoje studije fizike samo formalno, što sam brže mogao. Jedna pouka ove priče je, naravno, da moramo da budemo veoma pažljivi kada mlađim ljudima dajemo savete; ponekad ih i slede!*

“Ne možete znati sve, ali možete znati bilo šta”



John Carmack Receives Honorary Degree

<https://www.youtube.com/watch?v=Y0ZnqjHkULc>

Hvala na pažnji