

(INFORMATICA PER LE) DIGITAL HUMANITIES

INTERCULTURAL STUDIES IN LANGUAGES AND LITTEATURE

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO
2025 - 2026**

MARIO VERDICCHIO

INFORMATICA PER LE DIGITAL HUMANITIES ADS SEMINARIO PER STUDENTI NON ANGLOFONI

INTERCULTURAL STUDIES IN LANGUAGES AND LITERATURE

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO
2025- 2026**

CECILIA SCATTURIN

VENERDÌ 11-14

20 FEBBRAIO - 22 MAGGIO 2026

MATERIALI

[HTTPS://CS.UNIBG.IT/VERDICCH/DH.HTML](https://cs.unibg.it/verdicch/dh.html)

CALENDARIO CORSO



Venerdì h. 11 - 14

F.	20	27				
M.	6	13	20	27		
A.	10	17	24			
M.	8	15	22			

(I - II SOTTOPERIODO)

CALENDARIO APPELLI

0

M.	—	—	—	—	—	—
G.	9					
L.		17		31		
A.				31		
S.		14				

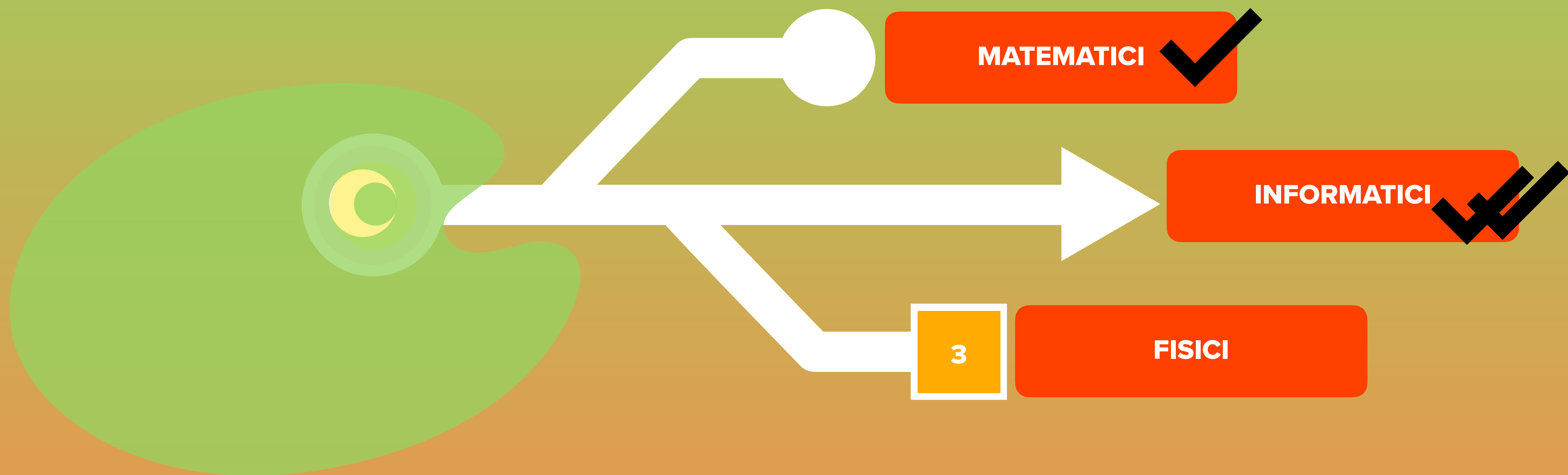
H

H

H 16

LEZIONE

INFORMATICA PER LE DIGITAL HUMANITIES



NODO

- 3 FONDAMENTI MATEMATICI . NUMERO
- 4 FONDAMENTI INFORMATICI . CODIFICA
- 5 FONDAMENTI FISICI . CIRCUITO

- 1 DEFINIZIONE
- 2 STORIA E METODO

- 3 FONDAMENTI MATEMATICI . NUMERO
- 4 FONDAMENTI INFORMATICI . CODIFICA
- 5 FONDAMENTI FISICI . CIRCUITO

I TESTI

- 6 CONVERGENZE DISCIPLINARI: IL TESTO
- 7 LE DH APPLICATE A TESTI E DOCUMENTI
- 8 PROBLEMI DI METODO

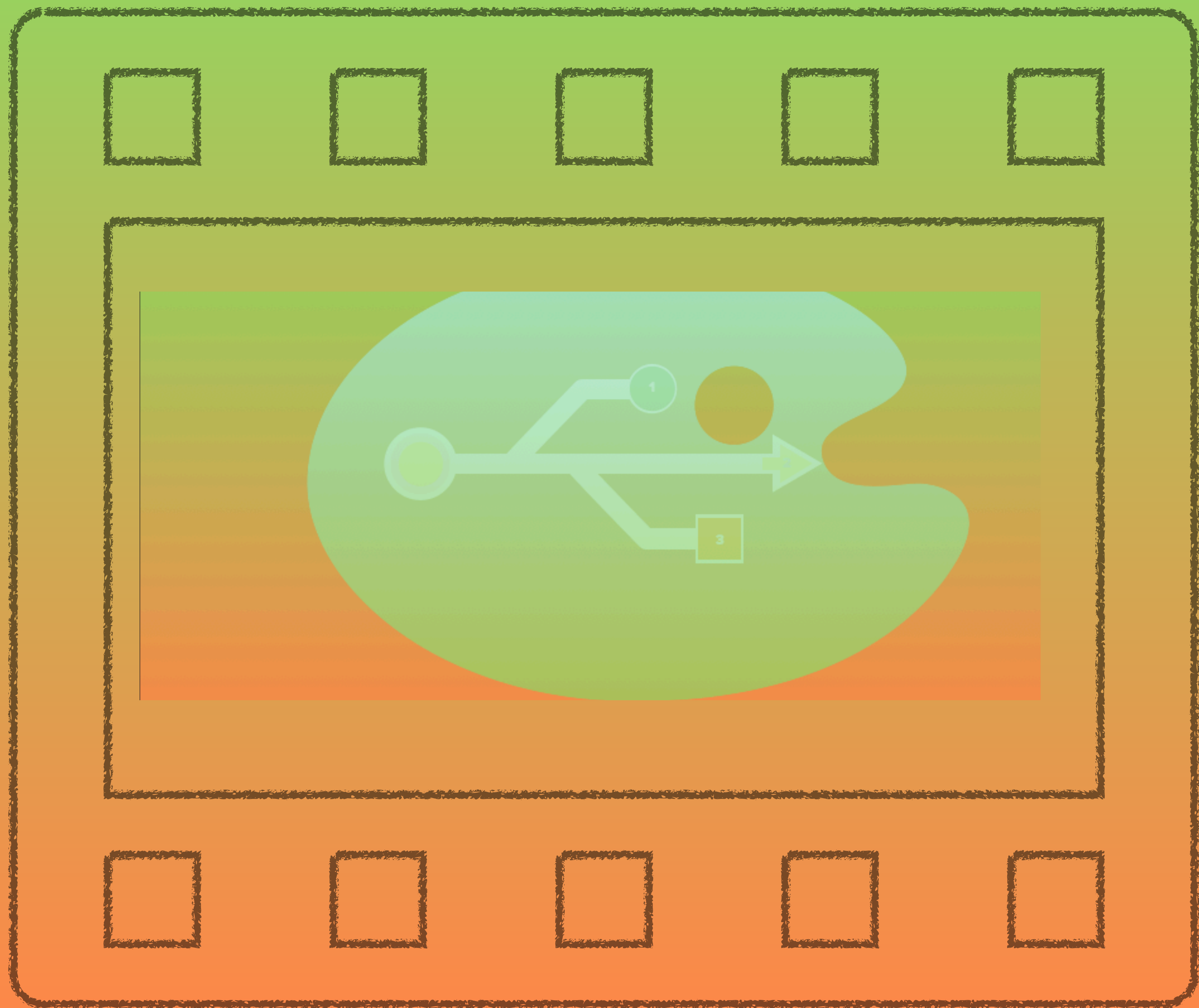
GLI OGGETTI

- 9 LA CODIFICA DELLE IMMAGINI DIGITALI
- 10 LO STATUTO DELLE IMMAGINI DIGITALI
- 11 LE DH APPLICATE ALLE IMMAGINI

I SUONI

- 12 LA CODIFICA DEI SUONI DIGITALI
- 13 NARRAZIONI MULTIMEDIALI E MEMORIA

- 14 ASPETTI GESTIONALI
- 15 DH VISIONI



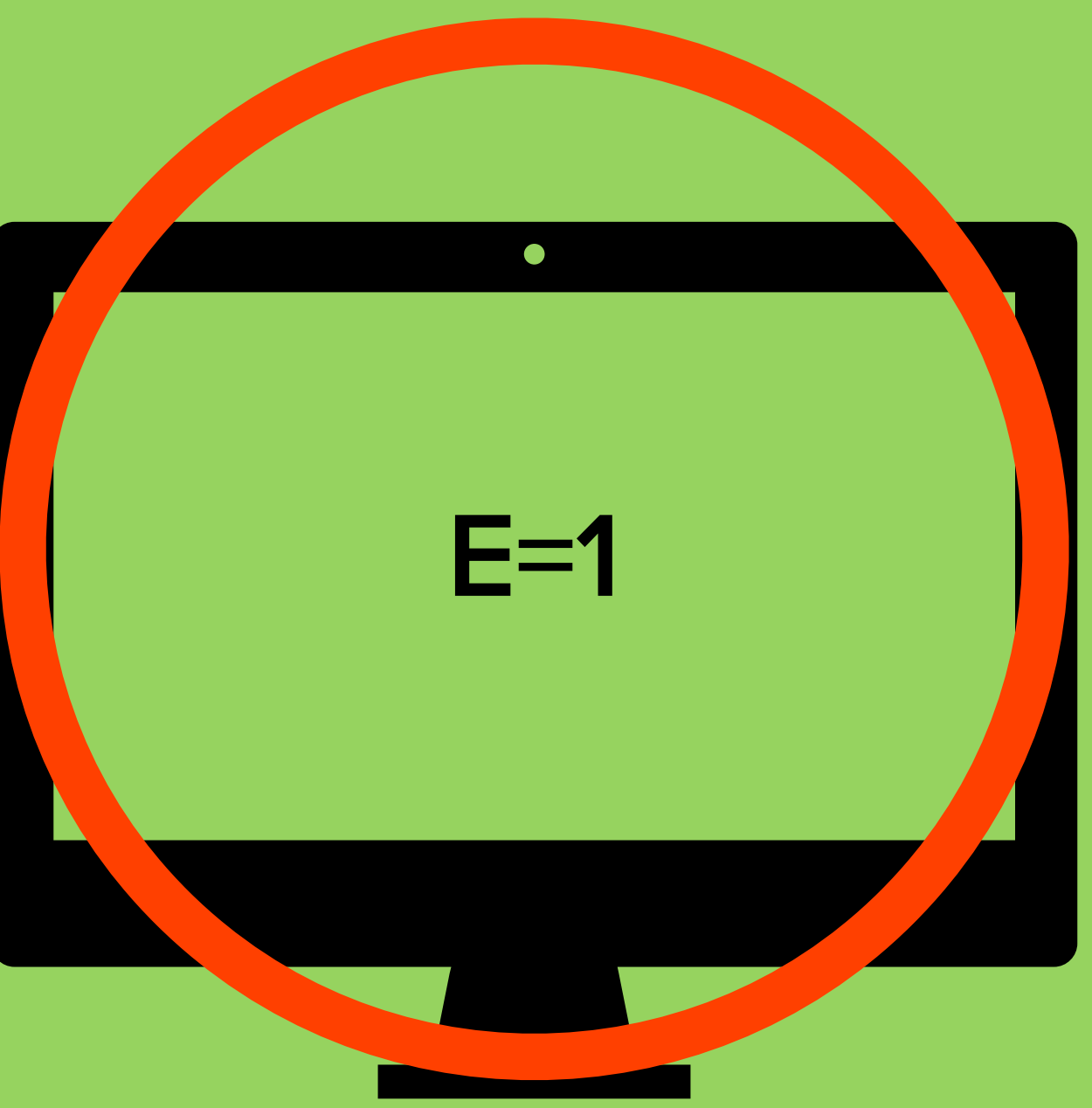
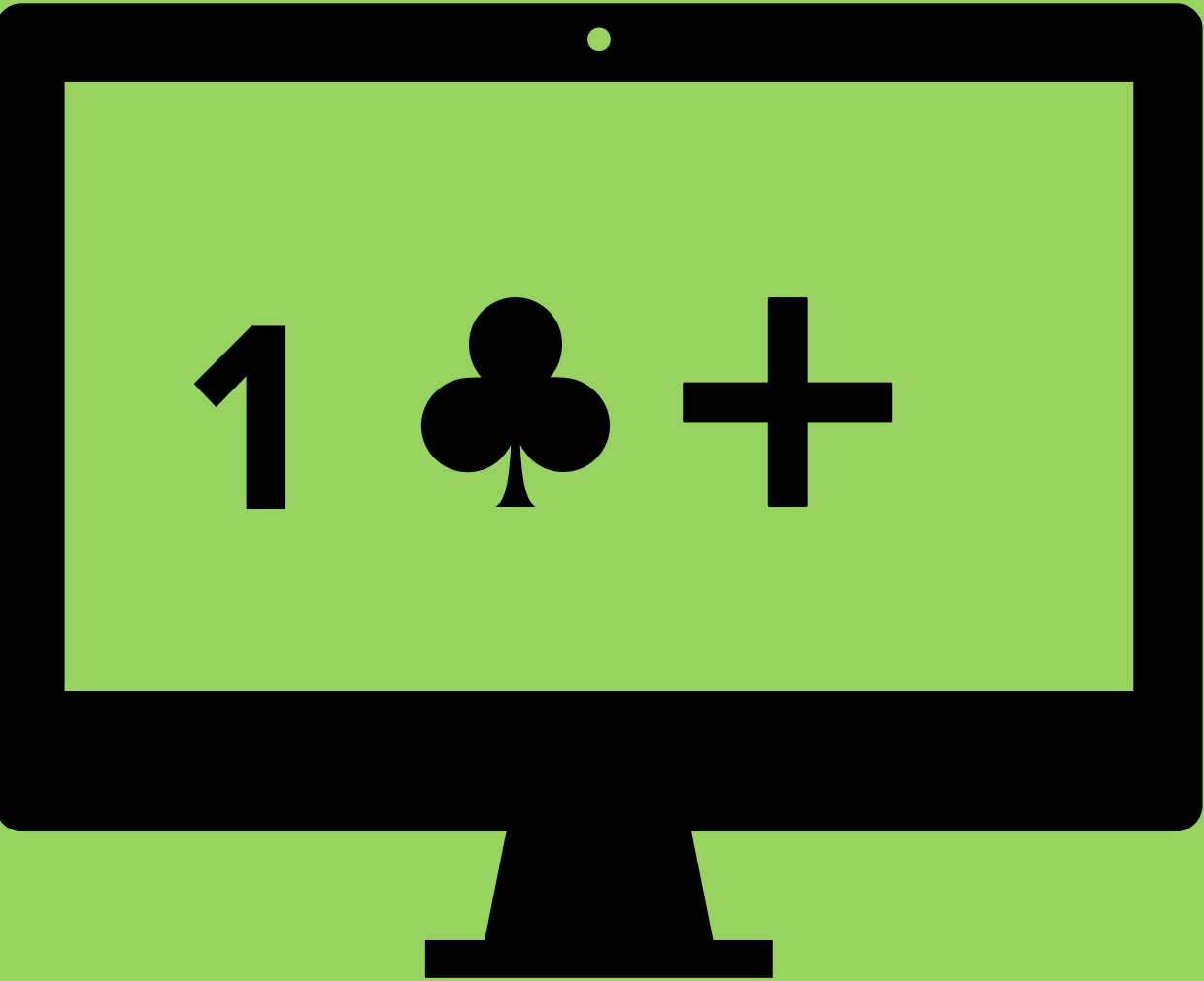
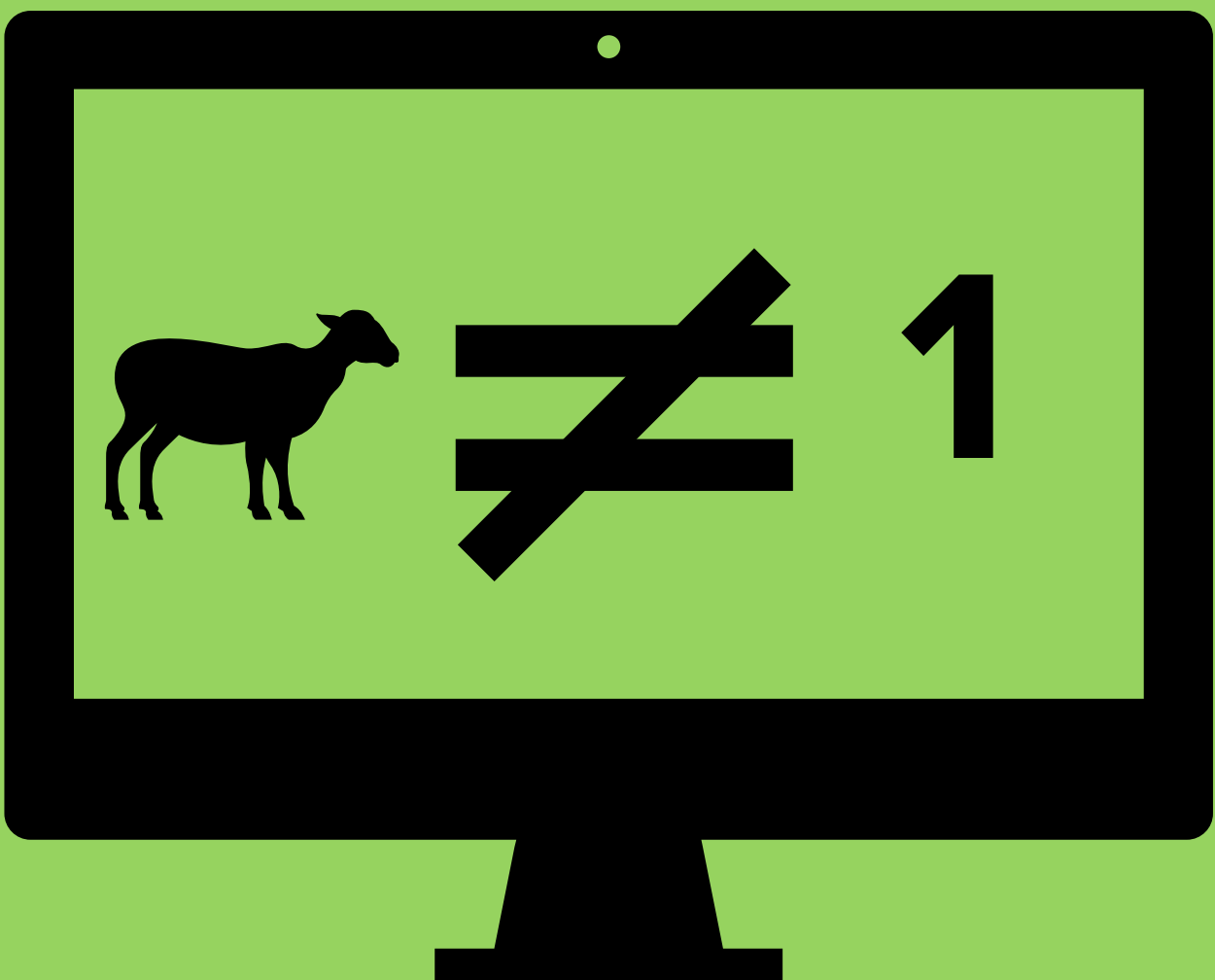
COMPUTER

ARTEFATTO CON SISTEMA DI
ELABORAZIONE AUTOMATICA DI SIMBOLI

INFORMATICA

LA DISCIPLINA CHE SI OCCUPA
DELL'ELABORAZIONE AUTOMATICA DI
SIMBOLI





TESTO = 5

TESTO

ANALISI
ANNOTAZIONE
CONVERSIONE
EDITING
CODIFICA
MINING
ELABORAZIONE
RICONOSCIMENTO
TRASCRIZIONE
VISUALIZZAZIONE

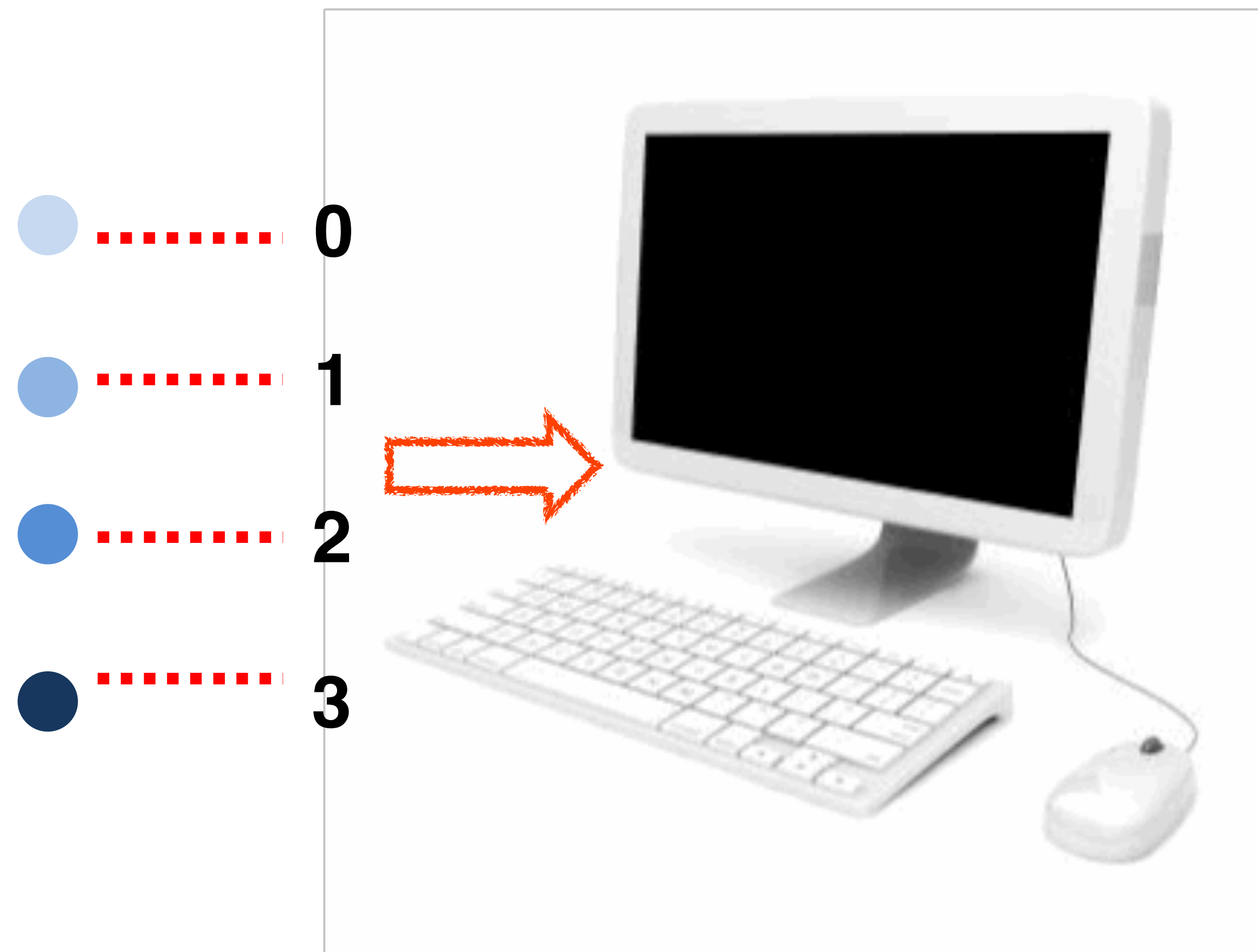
01 234567890123456789012345678901234567890123456789 01



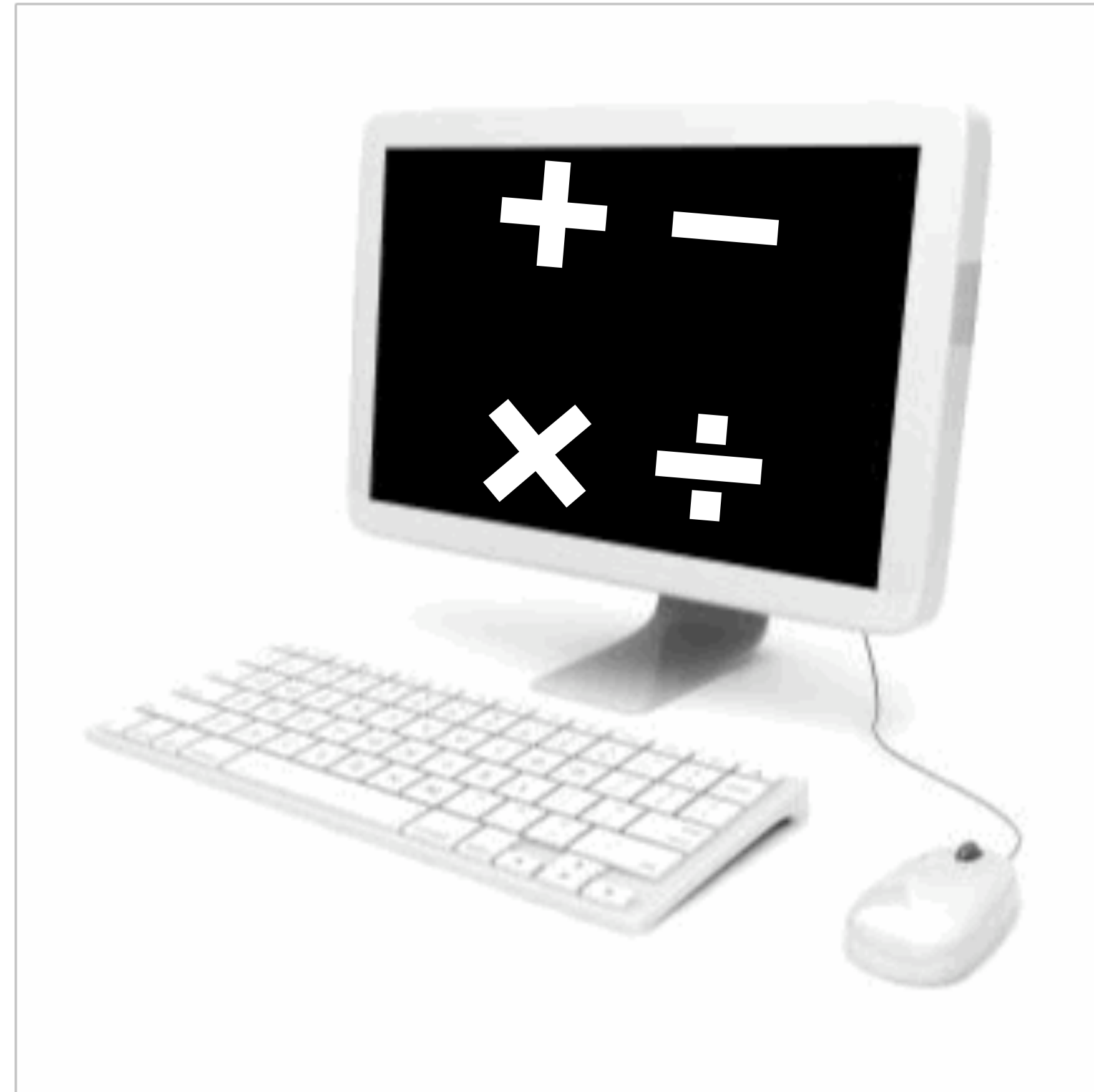
PUÒ LAVORARE SOLO CON NUMERI



CON NIENT'ALTRO CHE NUMERI



INPUT DEVE ESSERE CODIFICATO



LAVORATO DA ALGORITMI



0 ●

1 ●

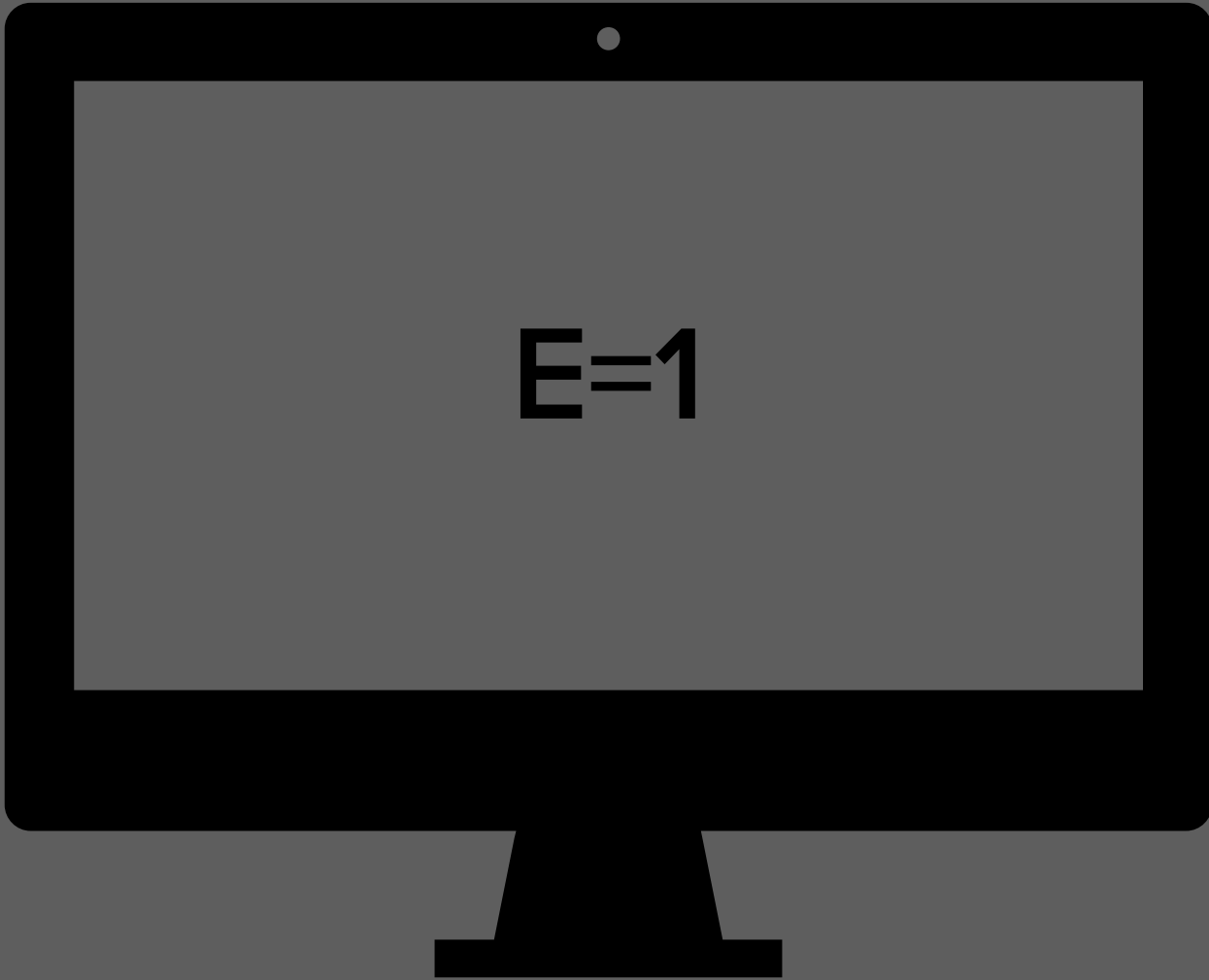
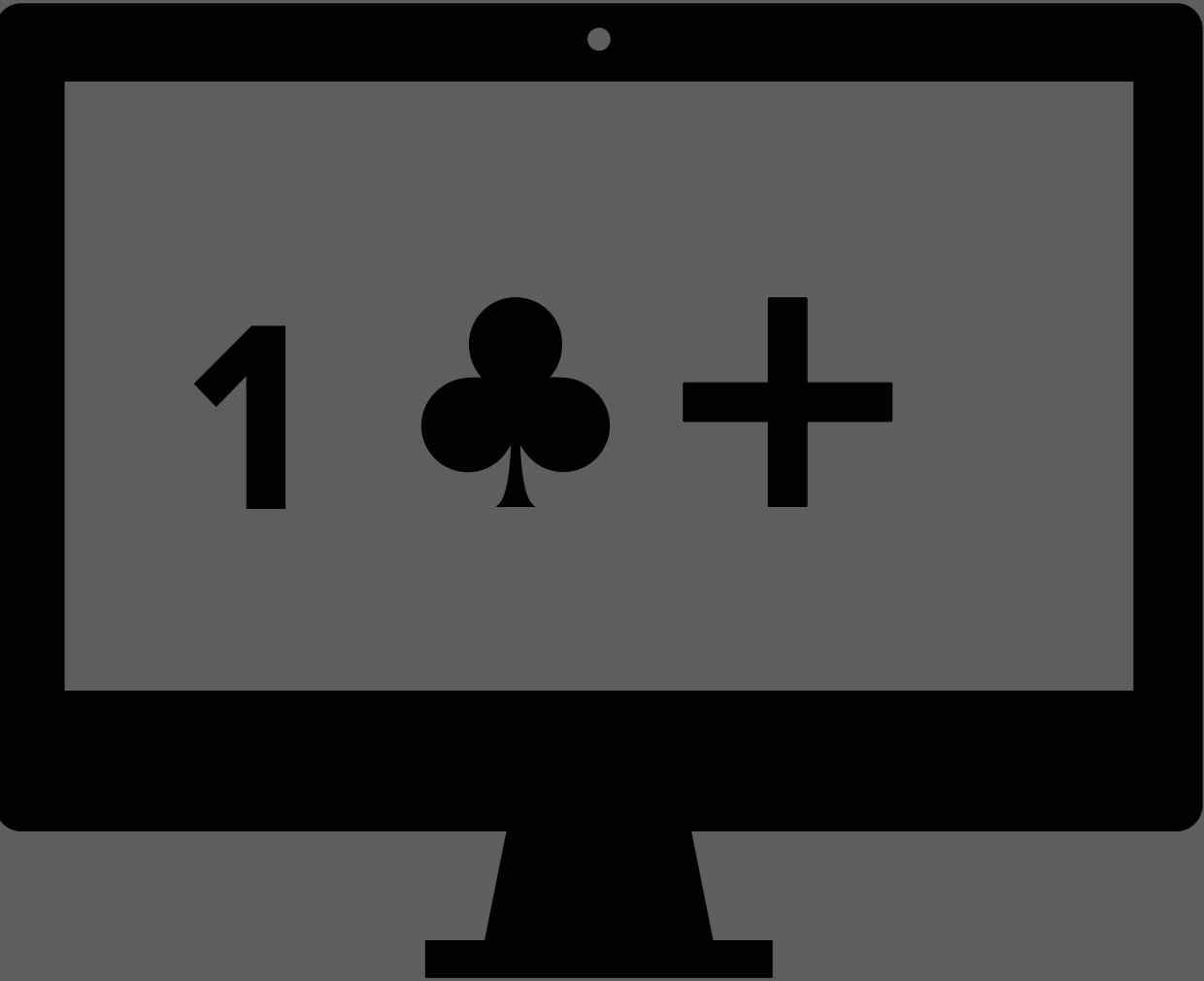
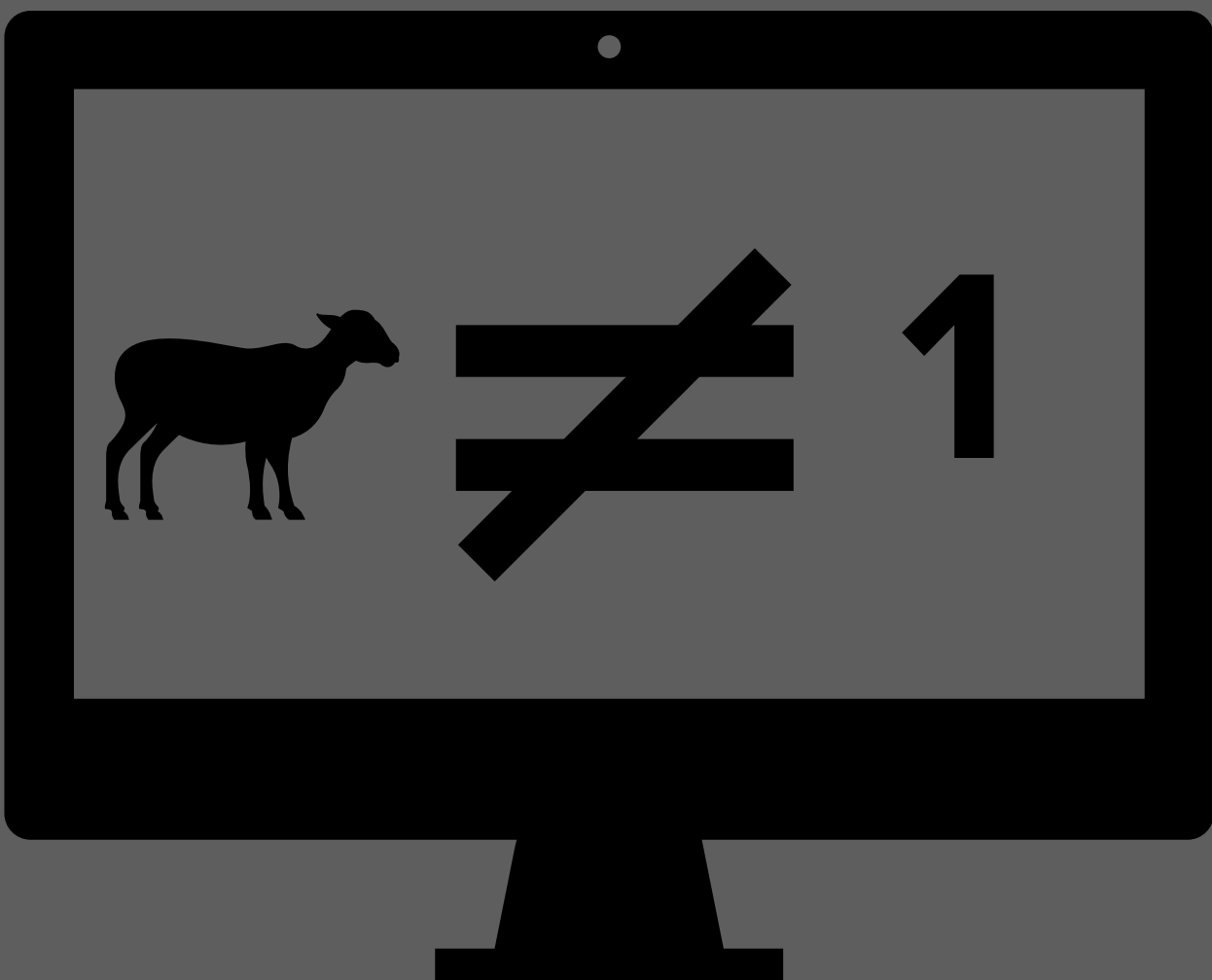
2 ●

3 ●

OUTPUT DEVE ESSERE DECODIFICATO

DIGITO DUNQUE CALCOLO:

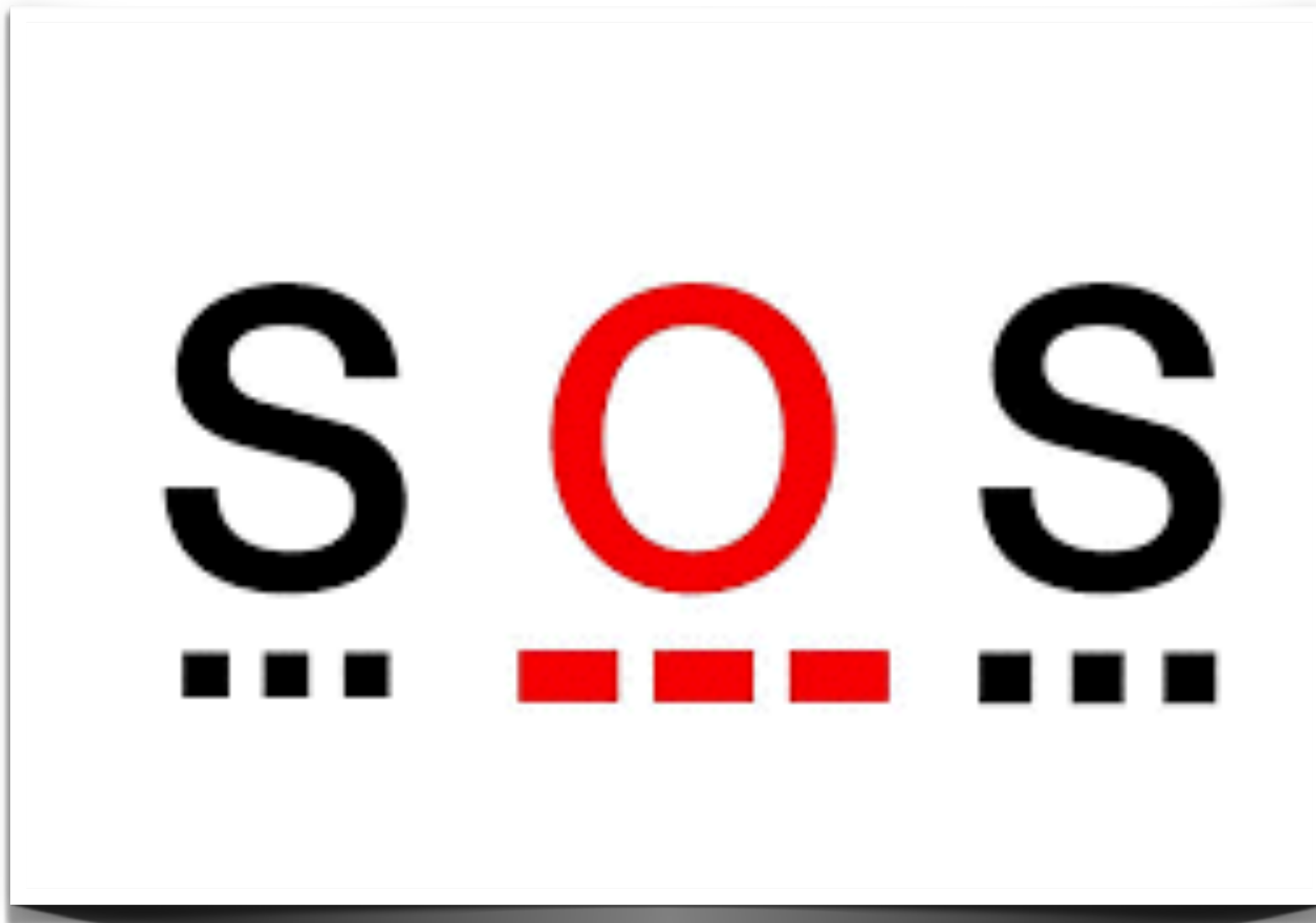
- **È POSSIBILE DESCRIVERE UN'ENTITÀ IN TERMINI DI NUMERI**
- **QUESTI NUMERI POSSONO ESSERE SCAMBIATI TRA PERSONE, EVENTUALMENTE CON IL SUPPORTO DI COMPUTER E RETI DI TELECOMUNICAZIONE**
- **IL FORMATO DI QUESTI NUMERI DEVE ESSERE STABILITO DA STANDARD UNIVERSALMENTE CONDIVISI**
- **SONO NECESSARI DISPOSITIVI SPECIALI PER CREARE OGGETTI FISICI DALLA LORO DESCRIZIONE NUMERICA**



01 234567890123456789012345678901234567890123456789 01

TESTIO

Codice condiviso di valore universale



Perché non era necessario che le lettere venissero trasformate in numeri?

Perché ad elaborare questi segnali erano degli operatori umani e non una macchina che calcola automaticamente.

Codice condiviso di valore universale

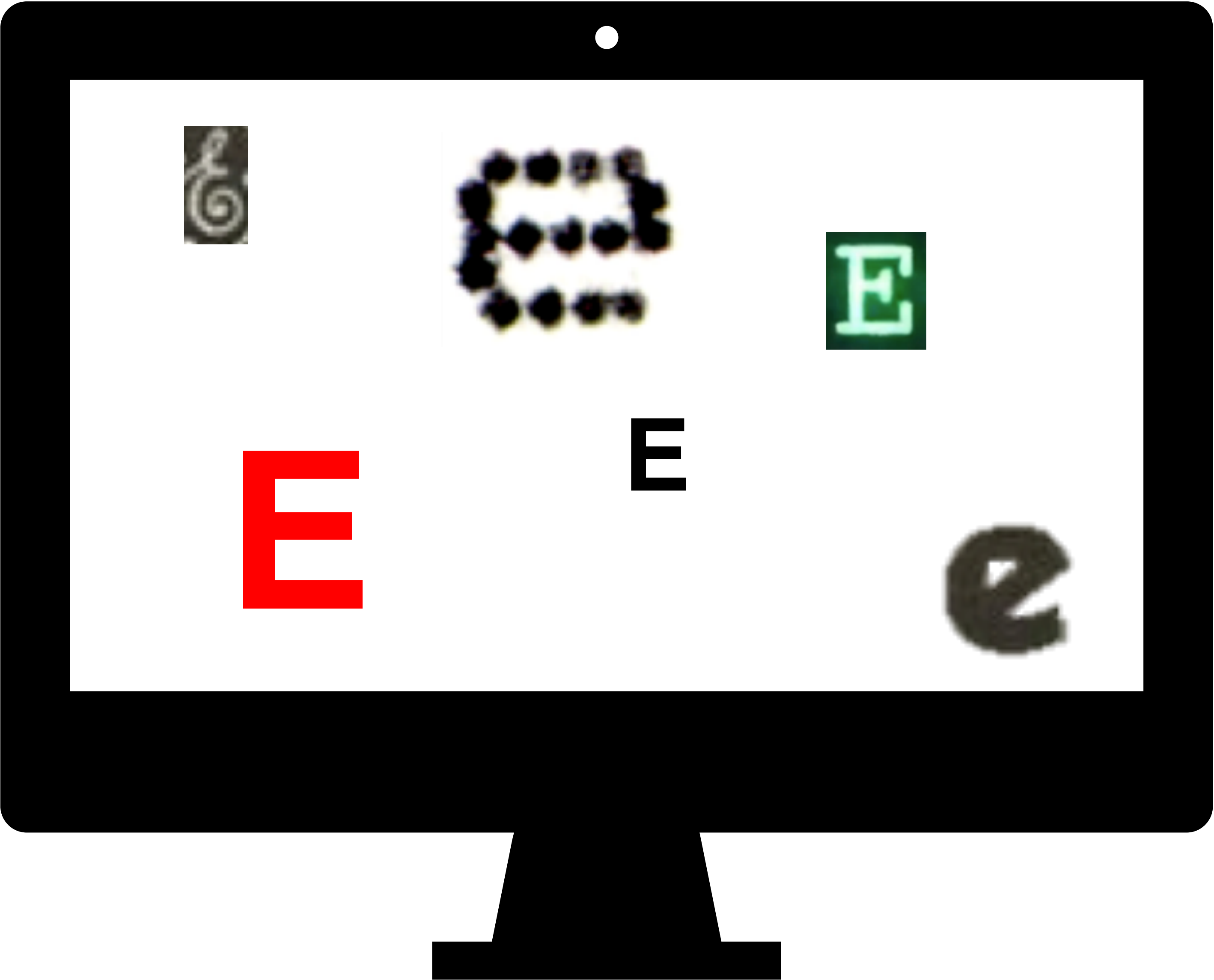
USASCII code chart

					0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1	
					0	1	2	3	4	5	6	7	
b ₇ b ₆ b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	Column Row								
						0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0	0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0 0 0	0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 0	0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0 0 0	0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0 0 1	0	0	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0 0 1	0	0	1	0	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0 0 1	0	1	0	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0 0 1	0	1	1	0	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
0 1 0	0	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
0 1 0	0	0	1	0	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
0 1 0	0	1	0	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
0 1 0	0	1	1	0	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
0 1 1	0	0	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	
0 1 1	0	0	1	0	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
0 1 1	0	1	0	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
0 1 1	0	1	1	0	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

USASCII code chart

b7b6b5 b4b3b2b1 Bits					Column									
Row					0	1	2	3	4	5	6	7		
0	0	0	0	0	NUL	DL	SP	0	@	P	`	p		
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q		
0	0	1	0	0	STX	DC2	"	2	B	R	b	r		
0	0	1	1	0	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s		
0	1	0	0	0	END	DC4	\$	4	D	T	d	t		
0	1	0	1	0	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u		
0	1	1	0	0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v		
0	1	1	1	0	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w		
1	0	0	0	0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x		
1	0	0	1	0	HT	EM	)	9	I	Y	i	y		
1	0	1	0	0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z		
1	0	1	1	0	VT	ESC	+	;	K	[	k	{		
1	1	0	0	0	FF	FS	,	<	L	\	l			
1	1	0	1	0	CR	GS	-	=	M	]	m	}		
1	1	1	0	0	SO	RS	.	>	N	^	n	~		
1	1	1	1	0	SI	US	/	?	O	_	o	OE		

Codice condiviso:standard



USASCII code chart

Bits					0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	Row\Column	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	
1	1	0	1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

UNICODE 1987

Emoji	Unicode	N	Emoji	Unicode	N	Emoji	Unicode	N
😂	U+1F602	119	😊	U+1F642	30	😞	U+2639	15
🤖	U+1F923	64	😏	U+1F60A	27	👏	U+1F44F	13
🤔	U+1F914	52	😄	U+1F605	25	🙏	U+1F64F	13
😍	U+1F60D	51	😓	U+1F622	20	😄	U+1F606	12
😊	U+1F609	48	👉	U+1F44C	19	😊	U+1F60F	10
❤️	U+2764	40	😡	U+1F620	19	👁️	U+1F440	10
👍	U+1F44D	38	🙅	U+1F937	19	😞	U+1F615	10
😁	U+1F601	34	😱	U+1F631	16	😍	U+1F970	10

UNICODE 2015

IL MITTENTE E IL DESTINATARIO DI UN MESSAGGIO DEVONO CONDIVIDERE LA STESSA CODIFICA PERCHÉ LA COMUNICAZIONE POSSA AVERE SUCCESSO, MA, IN REALTÀ, LE DUE ENTITÀ COMUNICANTI USANO LA STESSA CODIFICA IN MODO DIVERSO, PIÙ PRECISAMENTE, NEL VERSO OPPOSTO: IL MITTENTE, O L'ARTEFATTO INFORMATICO CHE IL MITTENTE USA PER COMUNICARE, SEGUENDO UNA CODIFICA TRASFORMA I CARATTERI IN NUMERI; IL DESTINATARIO, O IL SUO ARTEFATTO, SEGUE LA CODIFICA CONTRARIA, RI TRASFORMANDO I NUMERI RICEVUTI IN CARATTERI.

Standard



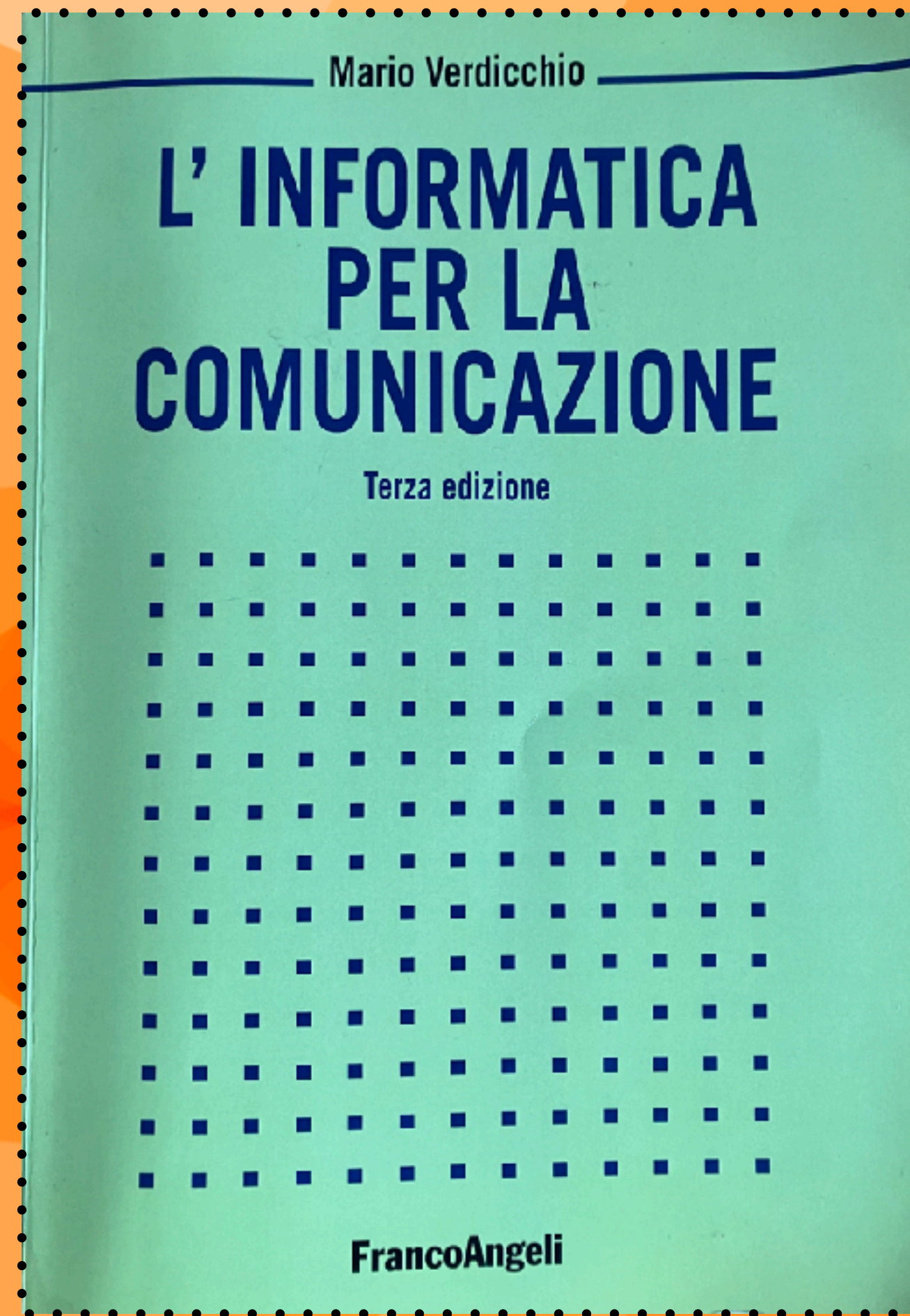


SOCIOTECHNOLOGIA

**«LA SOCIETÀ NON È DETERMINATA DALLA TECNOLOGIA, NÉ LA
TECNOLOGIA DALLA SOCIETÀ. ENTRAMBE EMERGONO COME
DUE FACCE DELLA STESSA MEDAGLIA SOCIOTECONOLOGICA»**

**SOCIOTECONOLOGIA
(BIJKER, 1997, P. 274)**





CAP. 1-4

(INTRODUZIONE)

VERDICCHIO M., *L'INFORMATICA PER LA COMUNICAZIONE*, FRANCO ANGELI, MILANO, 2023 (TERZA EDIZIONE)



CAP. 2

QUANTO FA MELA VERDE PER TREMAL NAIK

MALVALDI M., *LE DUE TESTE DEL TIRANNO. METODI MATEMATICI PER LA LIBERTÀ*, RIZZOLI, MILANO, 2017

NODO

- ③ 3 FONDAMENTI MATEMATICI . NUMERO
- ④ 4 FONDAMENTI INFORMATICI . CODIFICA
- ⑤ 5 FONDAMENTI FISICI . CIRCUITO



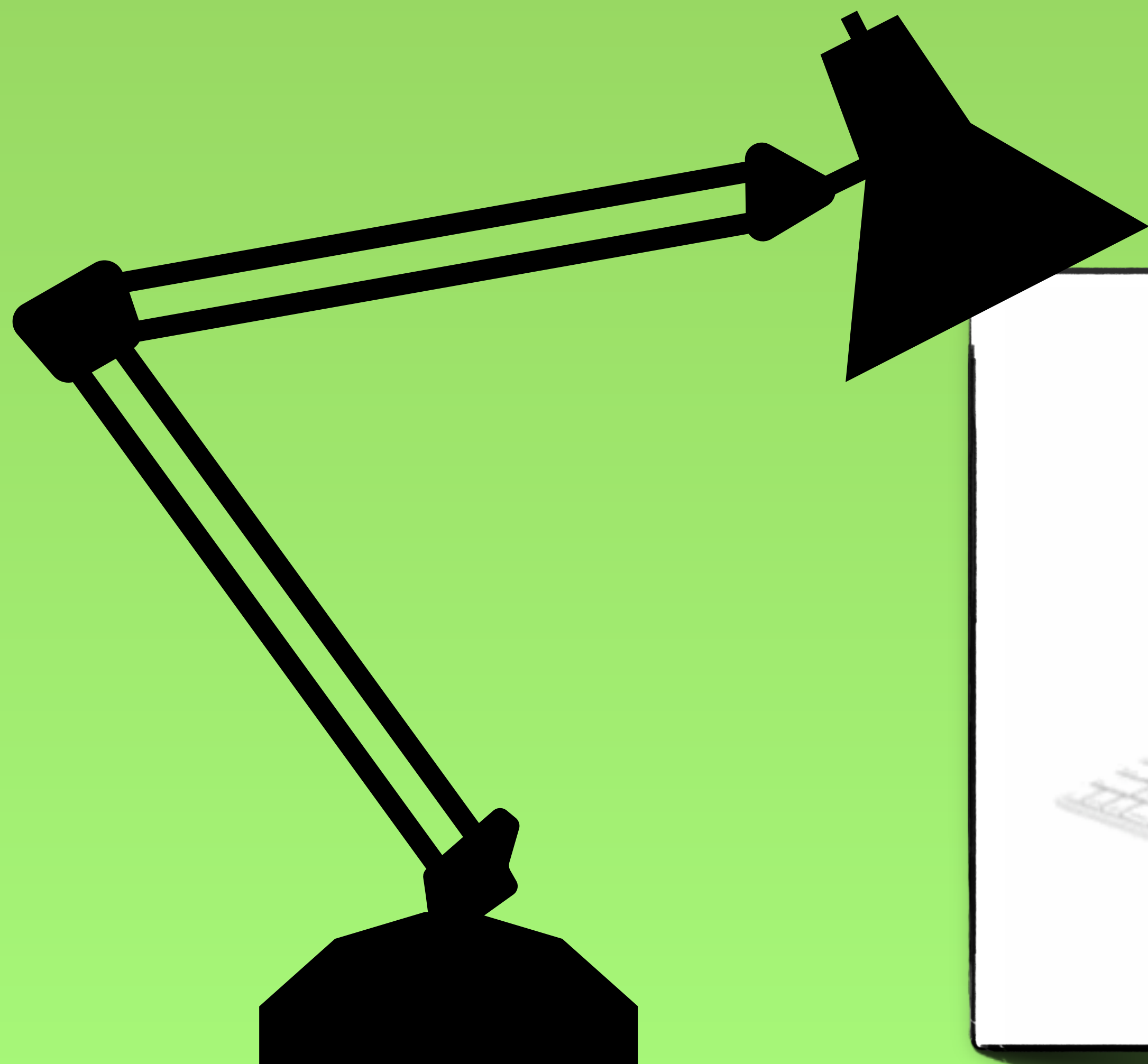
DIGITAL

...UN ALTRO FATTORE DI SUCCESSO DELLE MEMORIE DIGITALI DERIVA DALLA VERSATILITÀ DEL CODICE BINARIO, CHE PERMETTE AI PROGETTISTI DI COMPUTER DI CREARE FACILMENTE CODIFICHE, CIOÈ CORRISPONDENZE MATEMATICHE TRA SEQUENZE FINITE DI 0 E 1 ED ENTITÀ DEL MONDO FISICO. QUESTA È STATA LA GRANDE INTUIZIONE CHE HA PORTATO LE MEMORIE DIGITALI AL CENTRO DELL'INFORMATICA A METÀ DEL XX SECOLO: LA POSSIBILITÀ DI MEMORIZZARE NON SOLO I DATI DA ELABORARE, MA ANCHE LE ISTRUZIONI CON CUI TALI DATI DOVEVANO ESSERE ELABORATI. QUESTA FU LA NASCITA DELL'ITERAZIONE AUTOMATIZZATA, CIOÈ LA POSSIBILITÀ DI PROGRAMMARE UNA MACCHINA PER ESEGUIRE SEQUENZE COMPLESSE DI OPERAZIONI DIVERSE...

...I PROGRESSI TECNICI TRA GLI ANNI '90 E IL 2010 IN TERMINI DI CONTENUTI CHE UN BROWSER PUÒ MOSTRARE SONO EVIDENTI: IN POCO PIÙ DI UN DECENNIO SI PASSA DA TESTI E FOTOGRAFIE DIGITALI A VIDEO COMPLETI, SOVRAPPOSIZIONI DI GRAFICA E FOTO GENERATE DAL COMPUTER, GRAFICA GENERATA DAL COMPUTER CHE INTERAGISCE CON DISEGNI GENERATI DALL'UTENTE AL VOLO, E COSÌ VIA. QUESTI MIGLIORAMENTI, TEORICAMENTE RESI POSSIBILI DALLA DIGITALIZZAZIONE DEI CONTENUTI, SONO RESI PRATICAMENTE FATTIBILI DALL'EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI DISPOSITIVI DIGITALI, COMPOSTI DA CIRCUITI OGNI ANNO PIÙ MINIATURIZZATI E PIÙ DENSII DI TRANSISTOR, IL CHE AUMENTA IL NUMERO DI OPERAZIONI CHE UN COMPUTER È IN GRADO DI ESEGUIRE PER UNITÀ DI TEMPO...

...UN ALTRO FATTORE DI SUCCESSO DELLE MEMORIE DIGITALI DERIVA DALLA VERSATILITÀ DEL **CODICE BINARIO, CHE PERMETTE AI PROGETTISTI DI COMPUTER DI CREARE FACILMENTE CODIFICHE, CIOÈ CORRISPONDENZE MATEMATICHE TRA SEQUENZE FINITE DI 0 E 1 ED ENTITÀ DEL MONDO FISICO.** QUESTA È STATA LA GRANDE INTUIZIONE CHE HA PORTATO LE MEMORIE DIGITALI AL CENTRO DELL'INFORMATICA A METÀ DEL XX SECOLO: **LA POSSIBILITÀ DI MEMORIZZARE NON SOLO I DATI DA ELABORARE, MA ANCHE LE ISTRUZIONI CON CUI TALI DATI DOVEVANO ESSERE ELABORATI.** QUESTA FU LA NASCITA DELL'ITERAZIONE AUTOMATIZZATA, CIOÈ LA POSSIBILITÀ DI PROGRAMMARE UNA MACCHINA PER ESEGUIRE SEQUENZE COMPLESSE DI OPERAZIONI DIVERSE...

...I PROGRESSI TECNICI TRA GLI ANNI '90 E IL 2010 IN TERMINI DI CONTENUTI CHE UN BROWSER PUÒ MOSTRARE SONO EVIDENTI: IN POCO PIÙ DI UN DECENNIO SI PASSA DA TESTI E FOTOGRAFIE DIGITALI A VIDEO COMPLETI, SOVRAPPOSIZIONI DI GRAFICA E FOTO GENERATE DAL COMPUTER, GRAFICA GENERATA DAL COMPUTER CHE INTERAGISCE CON DISEGNI GENERATI DALL'UTENTE AL VOLO, E COSÌ VIA. QUESTI MIGLIORAMENTI, TEORICAMENTE RESI POSSIBILI DALLA DIGITALIZZAZIONE DEI CONTENUTI, SONO RESI PRATICAMENTE FATTIBILI DALL'**EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI DISPOSITIVI DIGITALI, COMPOSTI DA CIRCUITI OGNI ANNO PIÙ MINIATURIZZATI E PIÙ DENSII DI TRANSISTOR, IL CHE AUMENTA IL NUMERO DI OPERAZIONI CHE UN COMPUTER È IN GRADO DI ESEGUIRE PER UNITÀ DI TEMPO...**

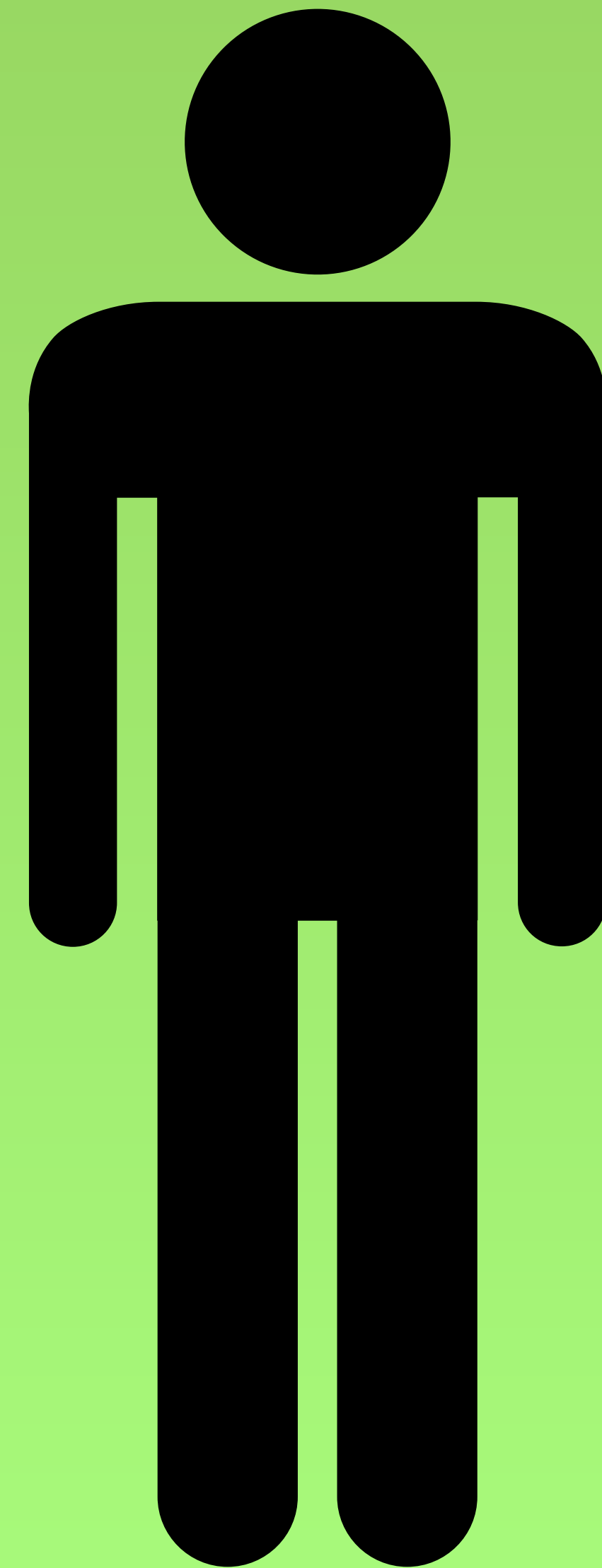
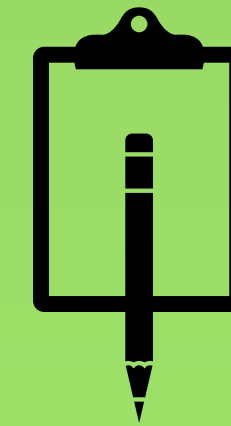
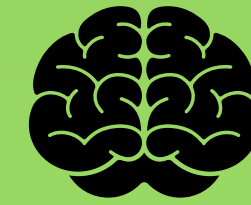




Computer

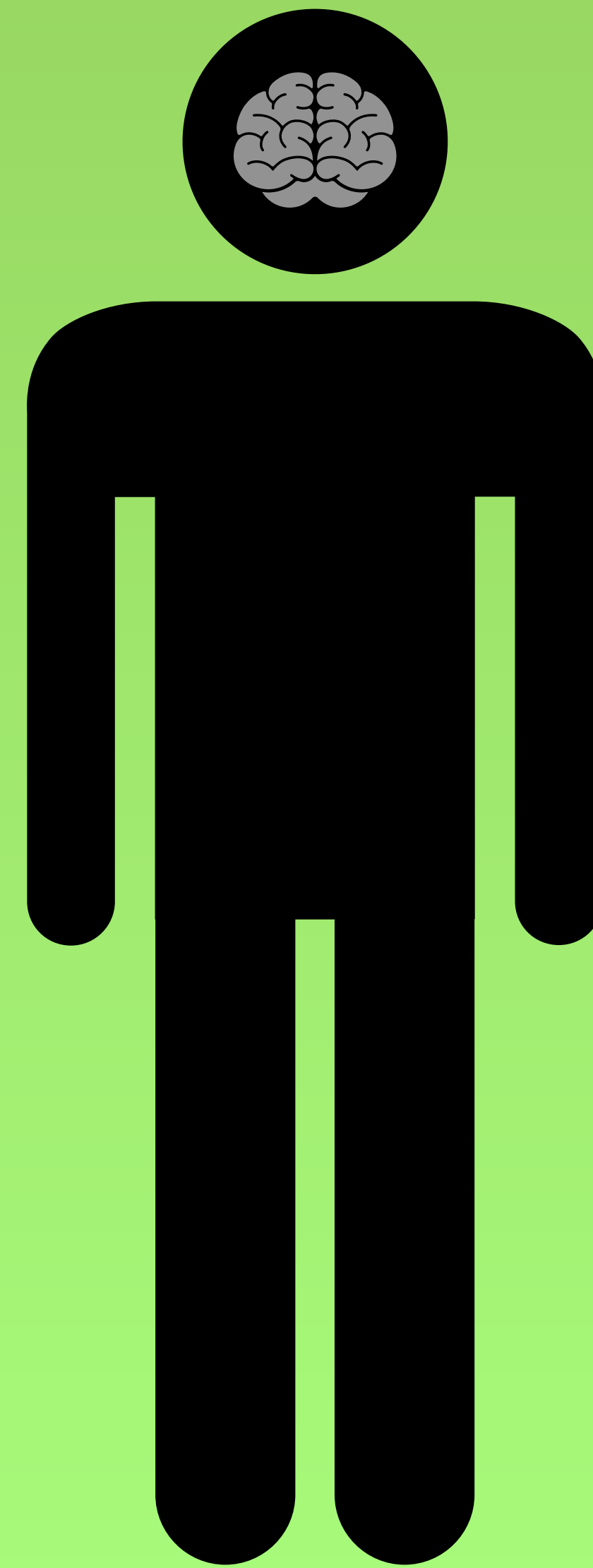
Software, il complesso di istruzioni che fanno eseguire ad un computer le sue operazioni> parliamo di matematica (aritmetica)

Hardware, il complesso di componenti materiali che costituiscono un computer e che gli permettono di lavorare nel modo che conosciamo, ovvero elettronico e digitale> parliamo di fisica.





Computer



I SEMICONDUTTORI SONO MATERIALI POSTI TRA UN CONDUTTORE E UN ISOLANTE SU CUI SI INSTALLANO CIRCUITI INTEGRATI, COMPOSTI DA TRANSISTOR, CHE PERMETTONO IL FUNZIONAMENTO DI UN DISPOSITIVO ELETTRONICO E LA SUA CAPACITÀ DI MEMORIA.

LA FISICA DEI SEMICONDUTTORI È LA BRANCA DELLA FISICA DELLO STATO SOLIDO CHE STUDIA LE PROPRIETÀ ELETTRICHE DEI SEMICONDUTTORI.

LA LORO CARATTERISTICA FONDAMENTALE È INDICATA DAL NOME STESSO: SONO PER DEFINIZIONE MATERIALI LA CUI CONDUCEBILITÀ (O CONDUTTIVITÀ) ELETTRICA SI ATTESTA SU VALORI CHE SONO PIÙ O MENO A METÀ STRADA RISPETTO A QUELLA DEI BUONI CONDUTTORI (COME IL RAME) E QUELLA DEI MATERIALI ISOLANTI (COME LA GOMMA O IL QUARZO)



F
I
S
I
C
A

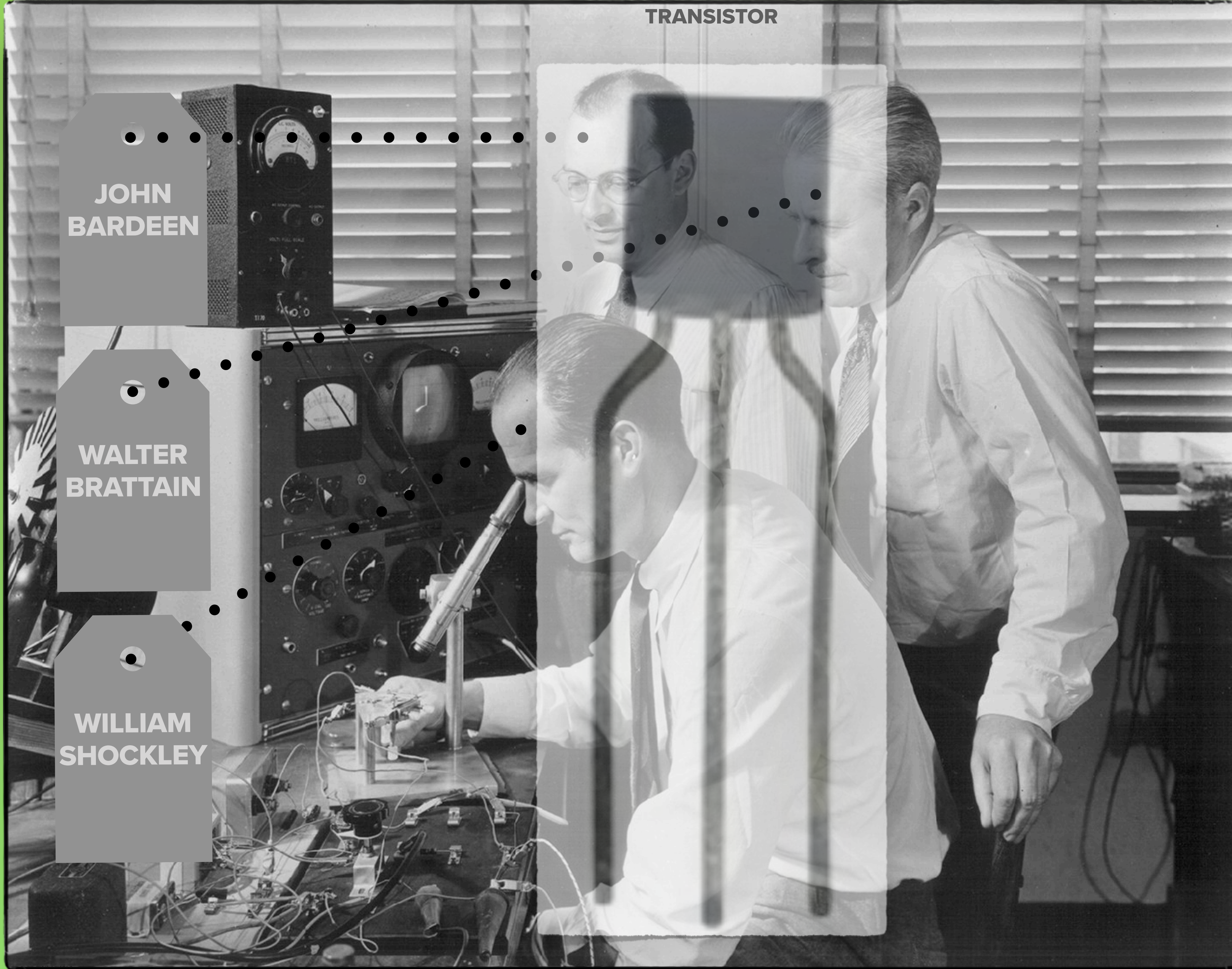
JOHN
BARDEEN

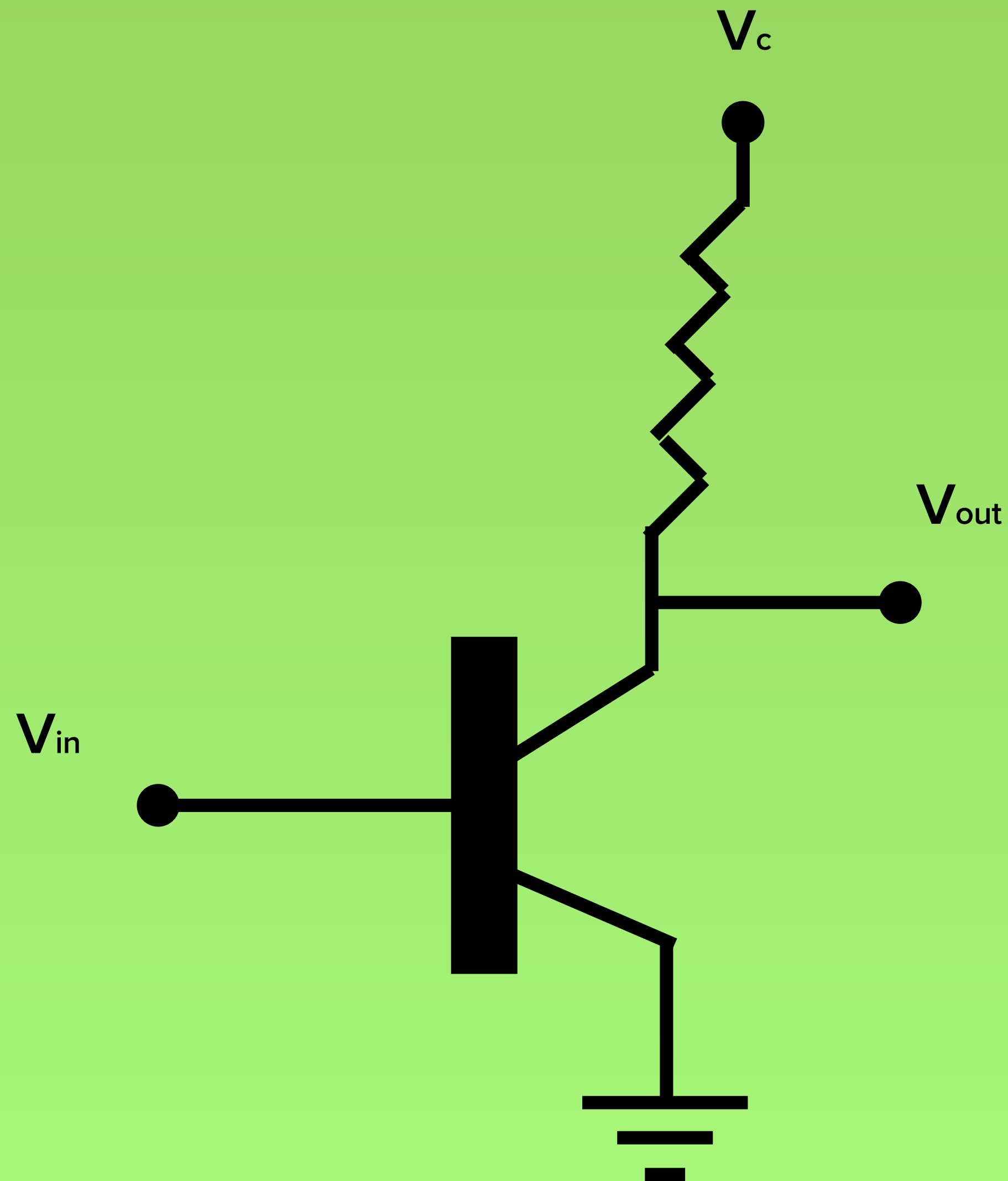
WALTER
BRATTAIN

WILLIAM
SHOCKLEY

TRANSISTOR

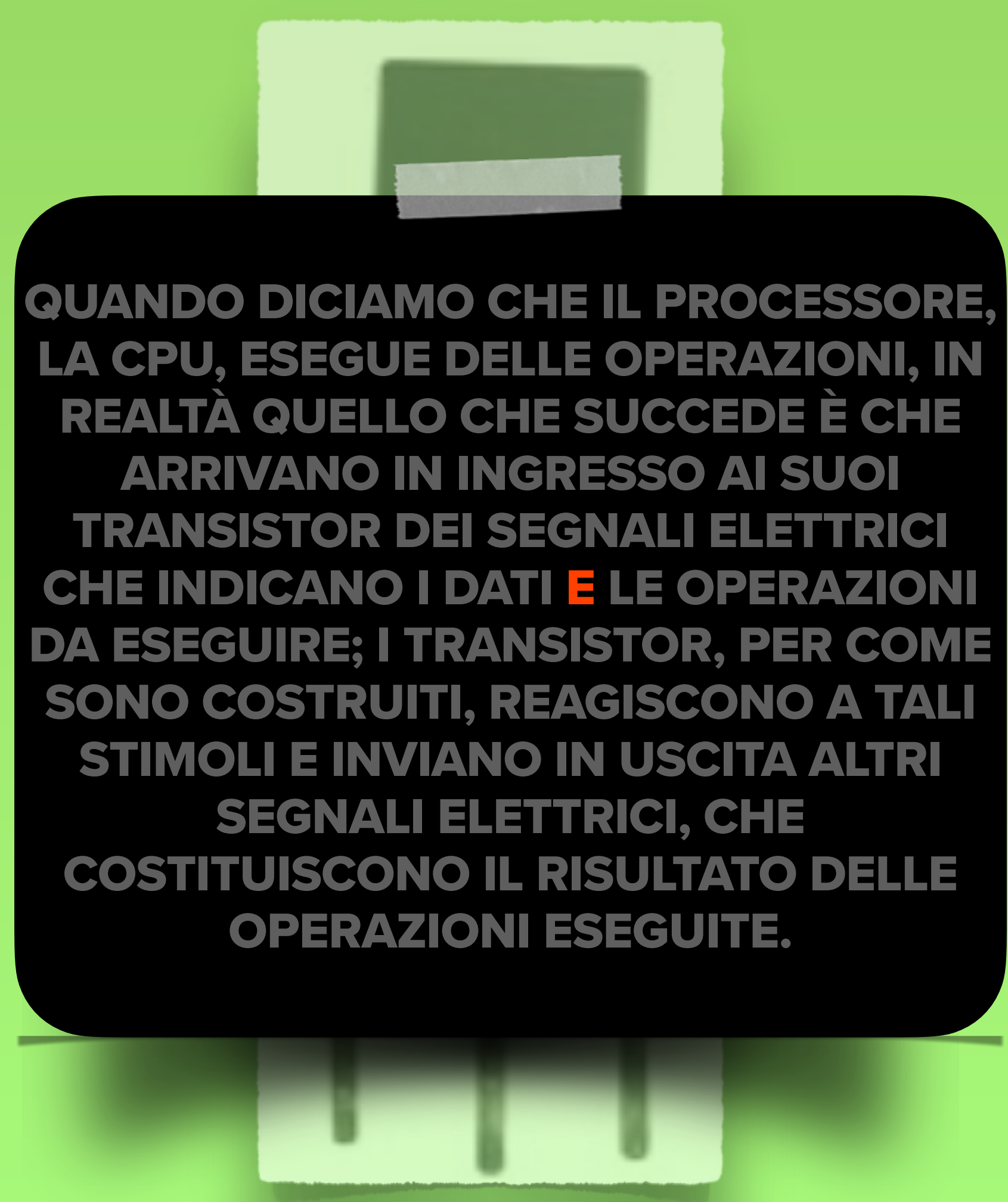
N
O
B
E
L
1
9
5
6



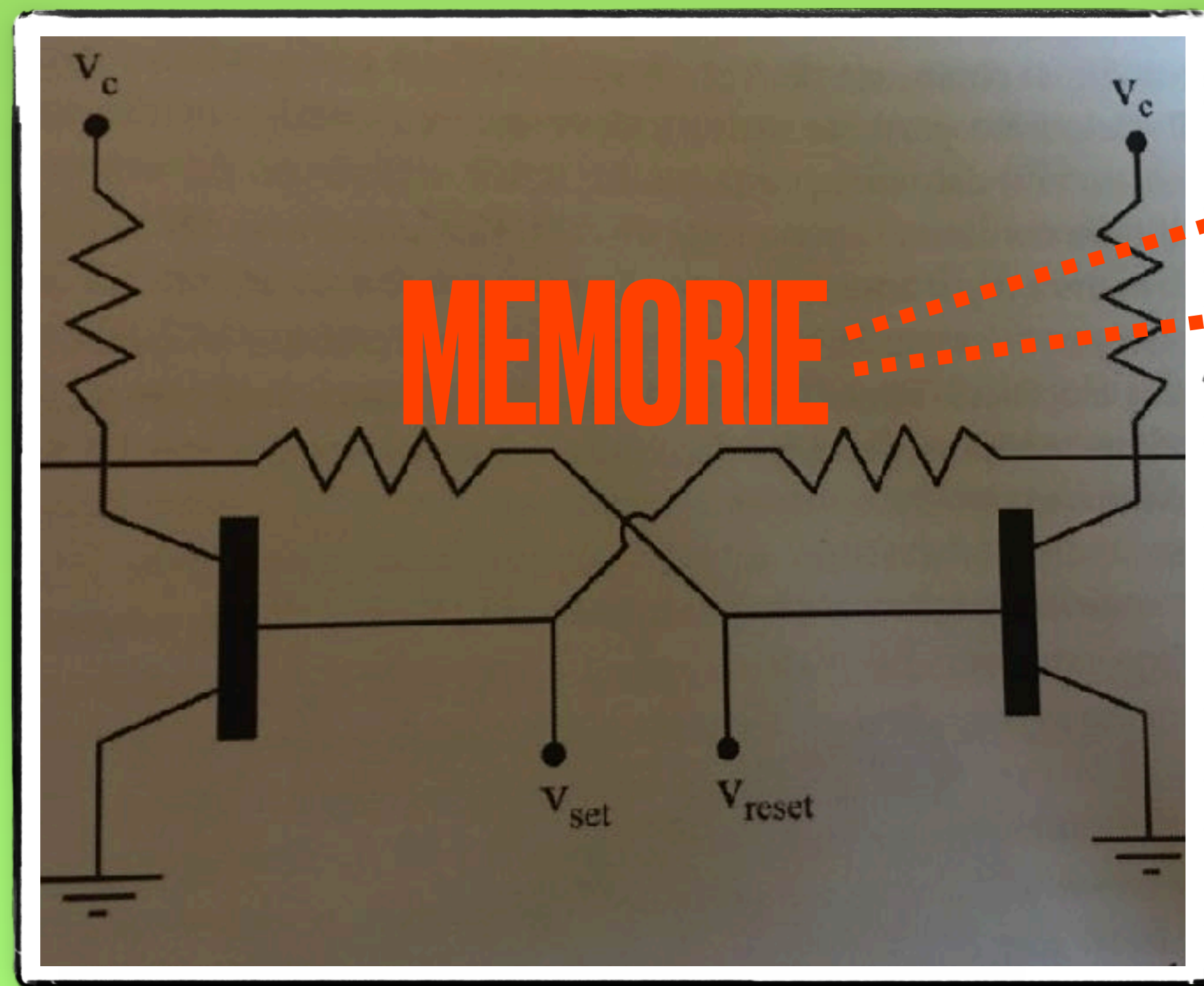


Dettagli tecnici a parte un transistor è un dispositivo elettronico che al segnale elettrico in ingresso (V_{in}) risponde in due modi diversi, con un segnale in uscita a tensione alta ($V_{out} = V_c$, oppure con un segnale oppure bassa ($V_{out} = 0$) ...quando dico che la CPU esegue delle operazioni, in realtà quello che succede è che arrivano in ingresso ai suoi transistor dei segnali elettrici che indicano i dati e le operazioni da eseguire; i transistor, per come sono costruiti, reagiscono a tali stimoli e inviano in uscita altri segnali elettrici, che costituiscono il risultato delle operazioni eseguite.

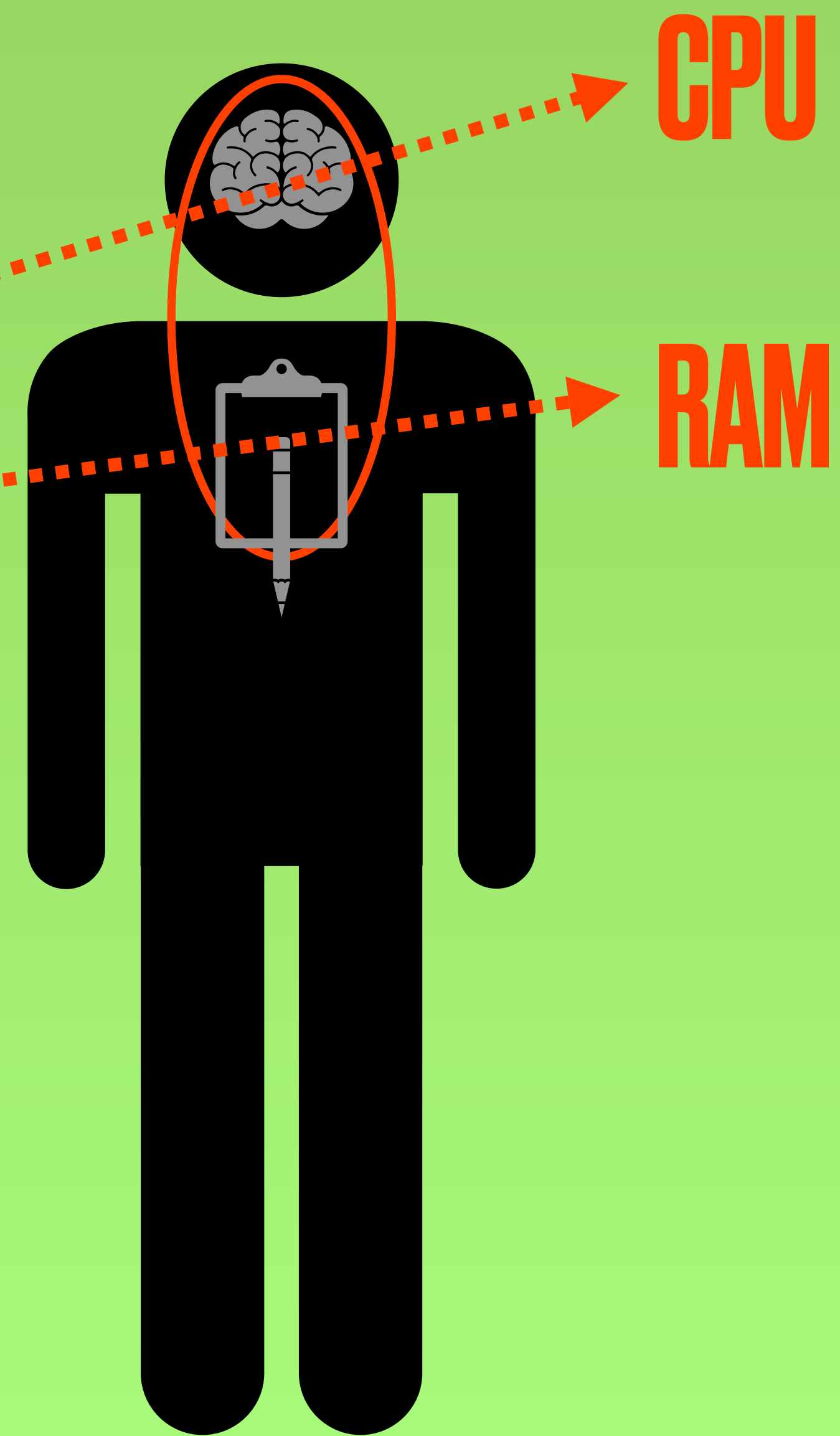
Verdicchio M., 2015, p. 73

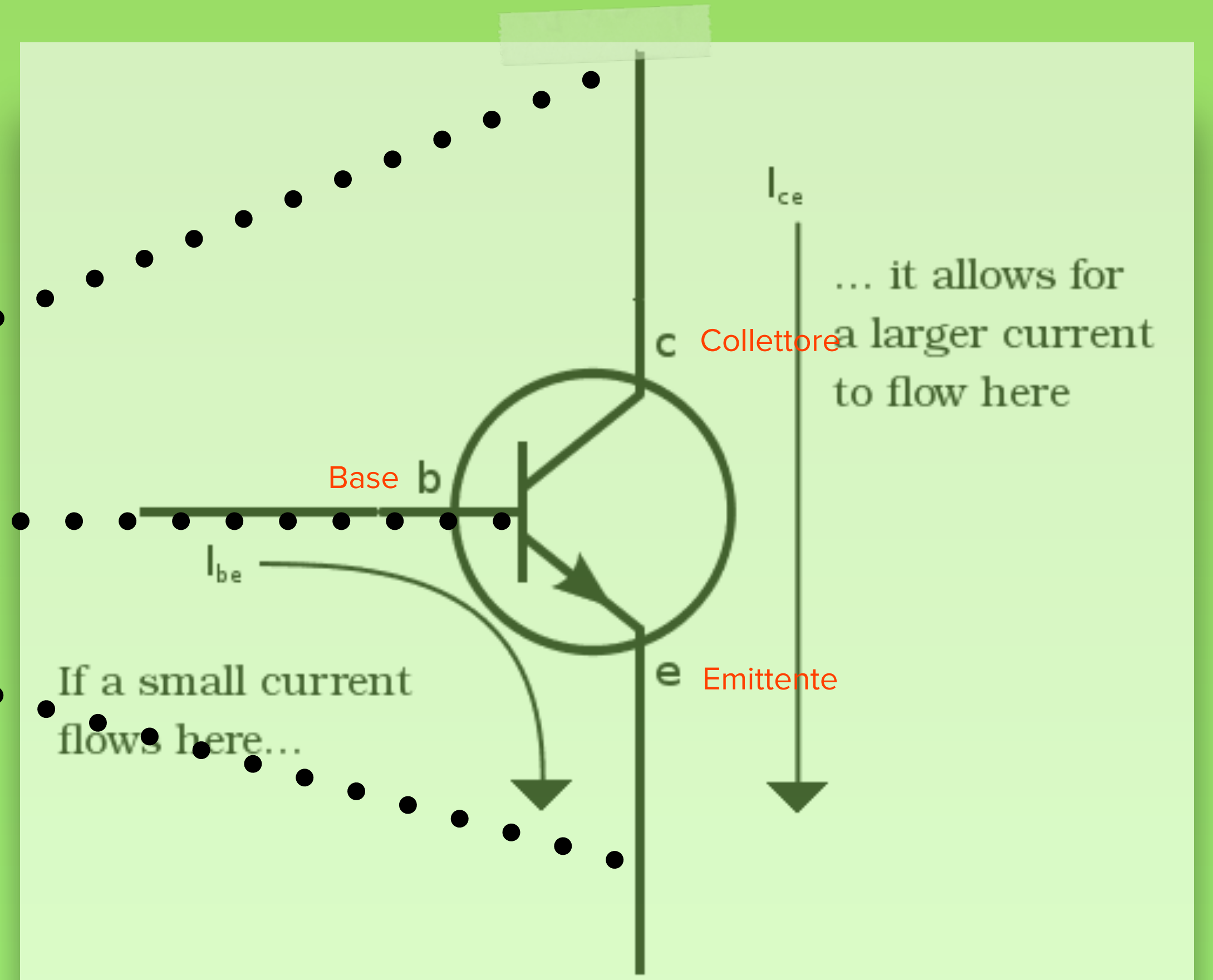
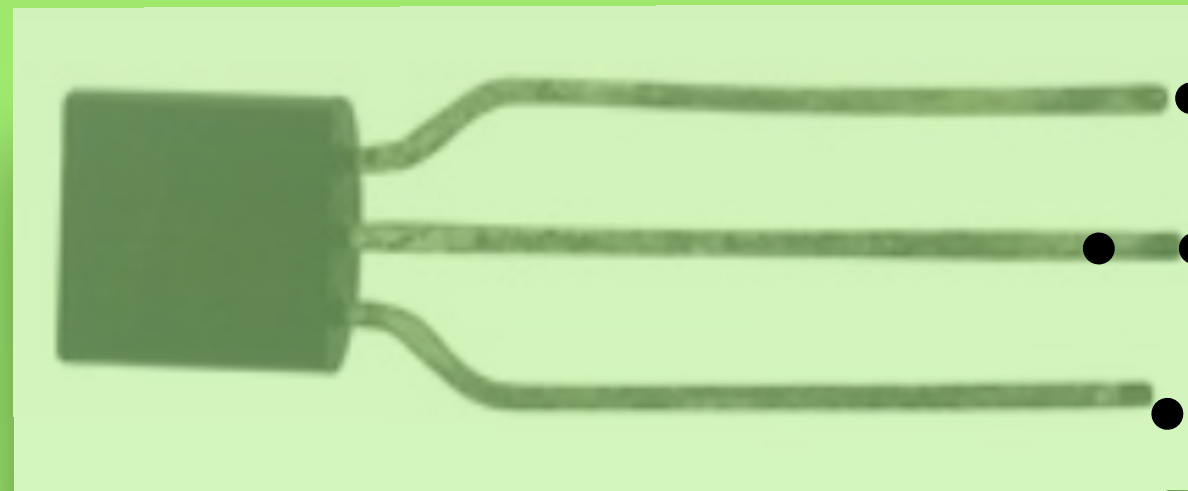
A stylized illustration of a computer keyboard key, likely the 'Enter' or 'Return' key, shown in a light gray color. The key has a rectangular shape with a smaller rectangular area in the center. A black square with rounded corners is overlaid on the key, containing white text. The text explains the function of the CPU and transistors in a computer system.

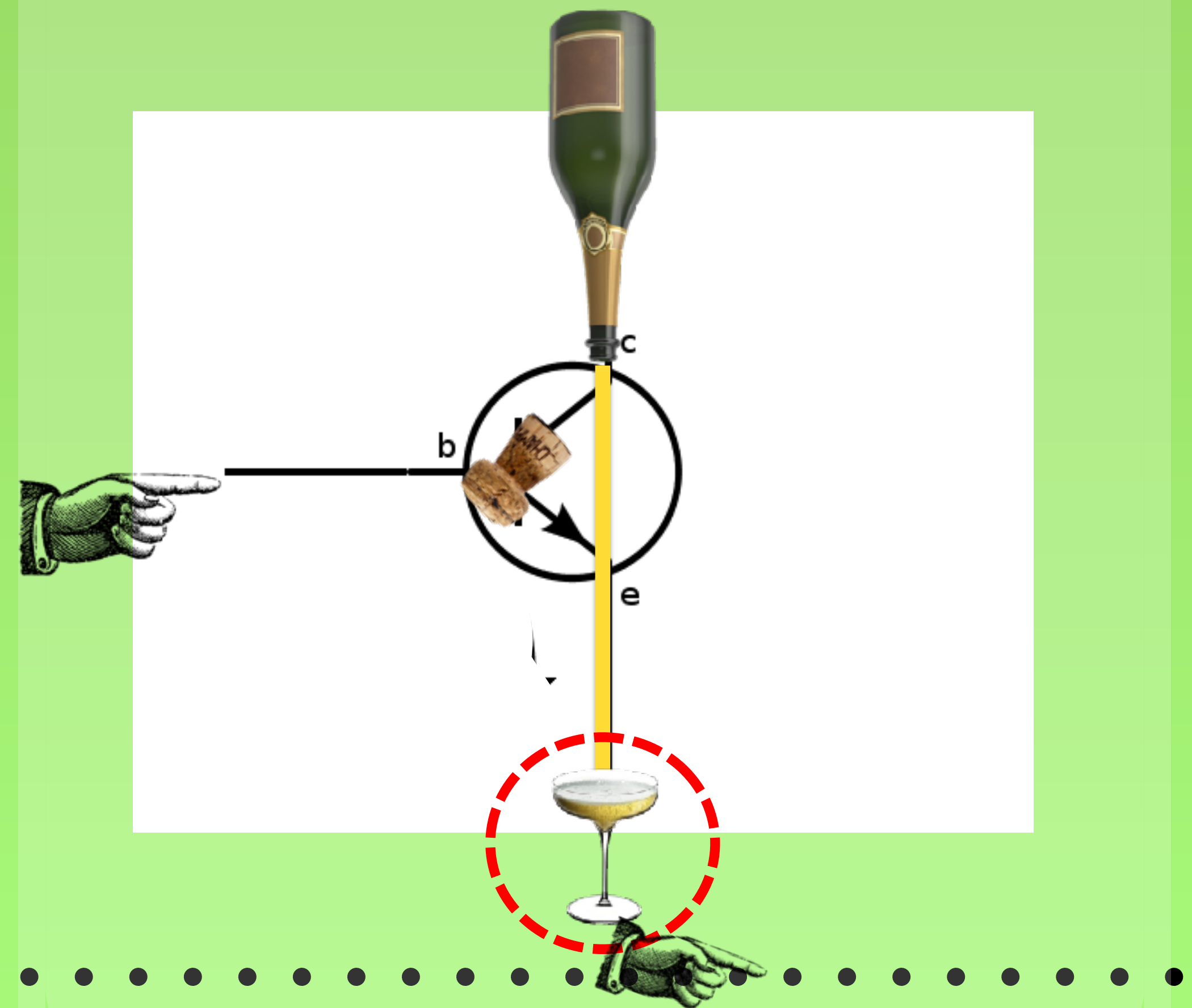
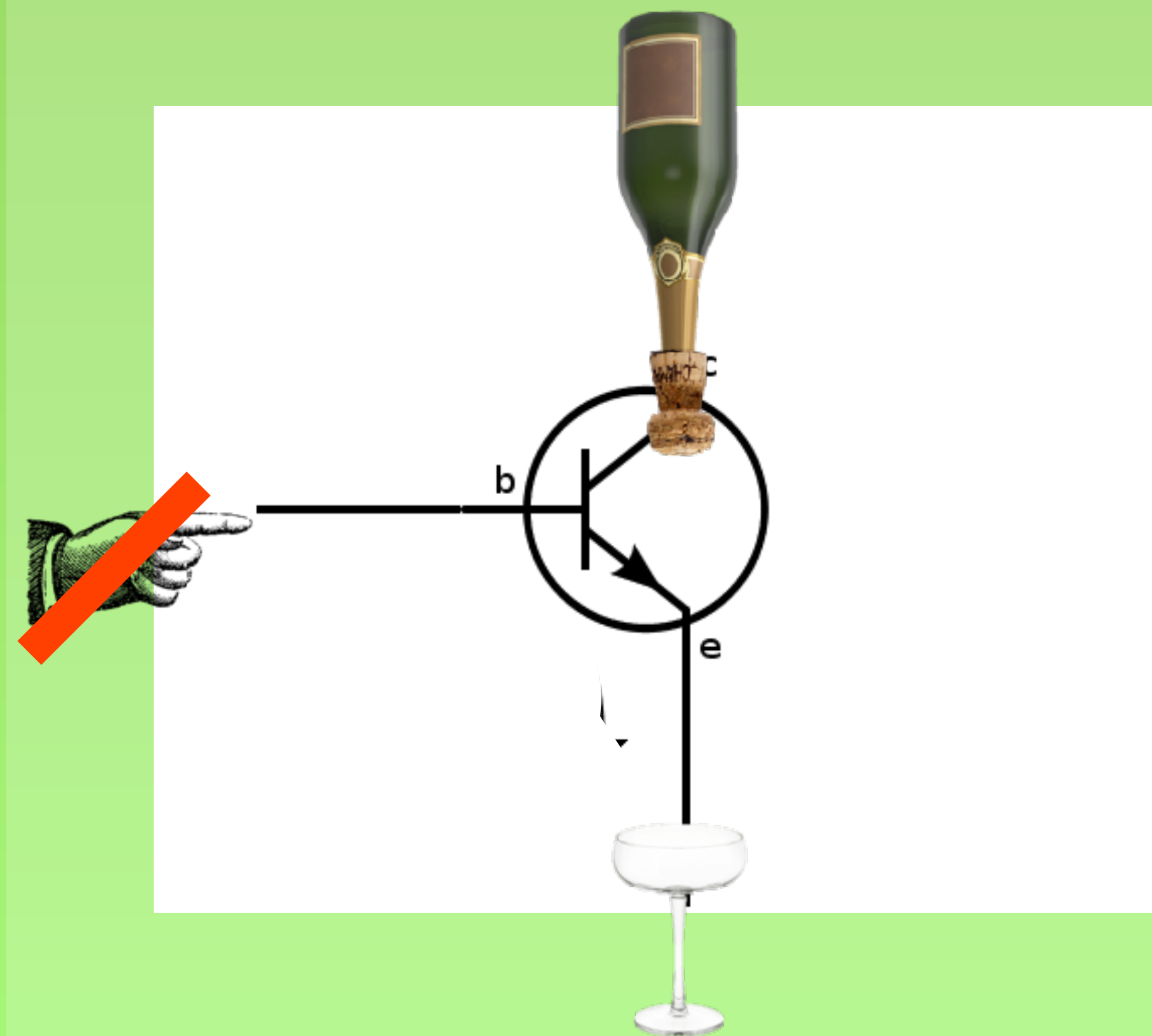
**QUANDO DICIAMO CHE IL PROCESSORE,
LA CPU, ESEGUE DELLE OPERAZIONI, IN
REALTÀ QUELLO CHE SUCCEDA È CHE
ARRIVANO IN INGRESSO AI SUOI
TRANSISTOR DEI SEGNALI ELETTRICI
CHE INDICANO I DATI **E** LE OPERAZIONI
DA ESEGUIRE; I TRANSISTOR, PER COME
SONO COSTRUITI, REAGISCONO A TALI
STIMOLI E INVIANO IN USCITA ALTRI
SEGNALI ELETTRICI, CHE
COSTITUISCONO IL RISULTATO DELLE
OPERAZIONI ESEGUITE.**



Unità funzionale memoria RAM









NON CI SONO PASSAGGI MECCANICI, CI SONO PASSAGGI ELETTRICI IN UN CIRCUITO ELETTRONICO,



NON CI SONO PARTI CHE SI MUOVONO,



L'UNICA COSA CHE SI MUOVE SONO GLI ELETTRONI DIVERSAMENTE CARICATI.

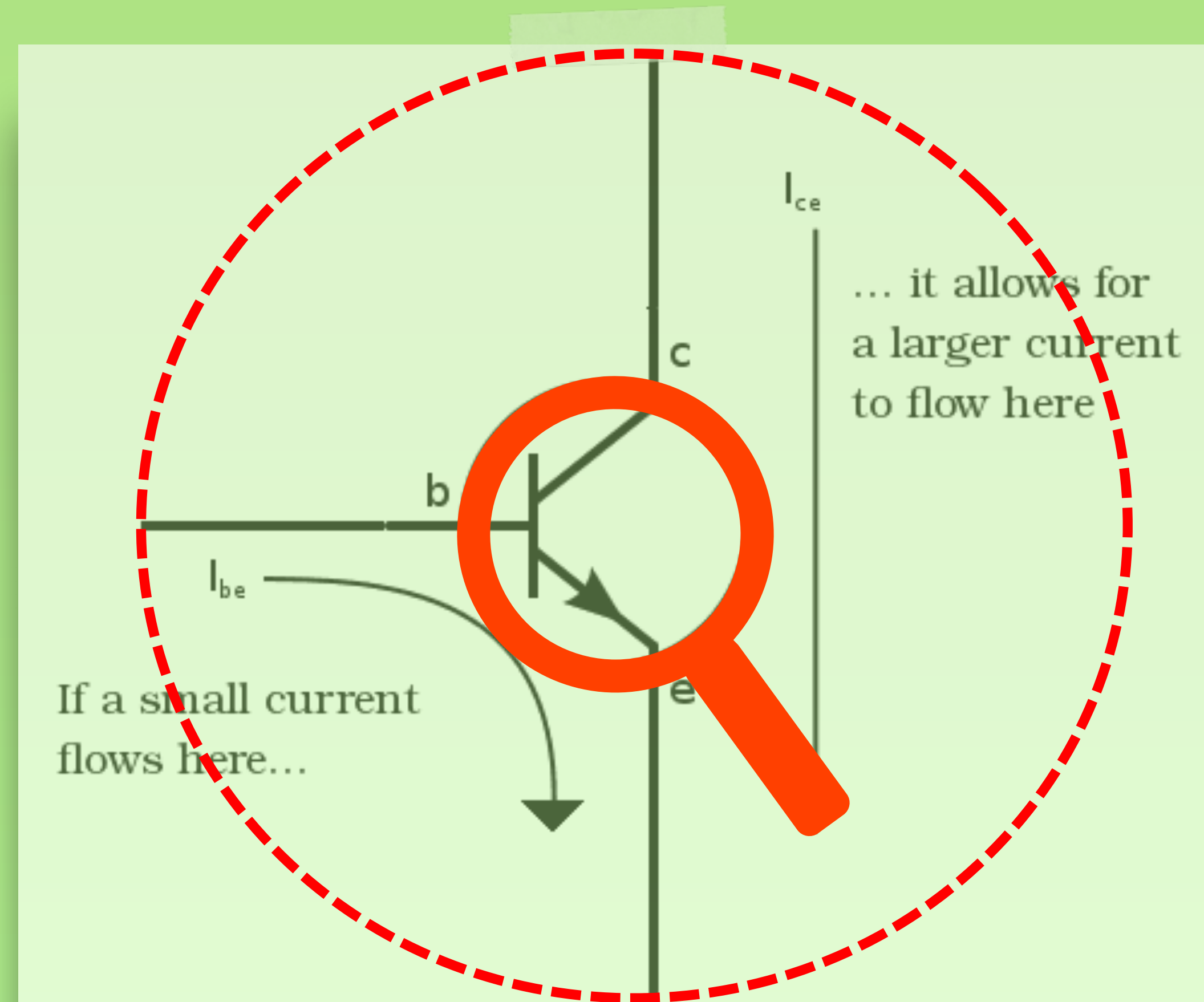


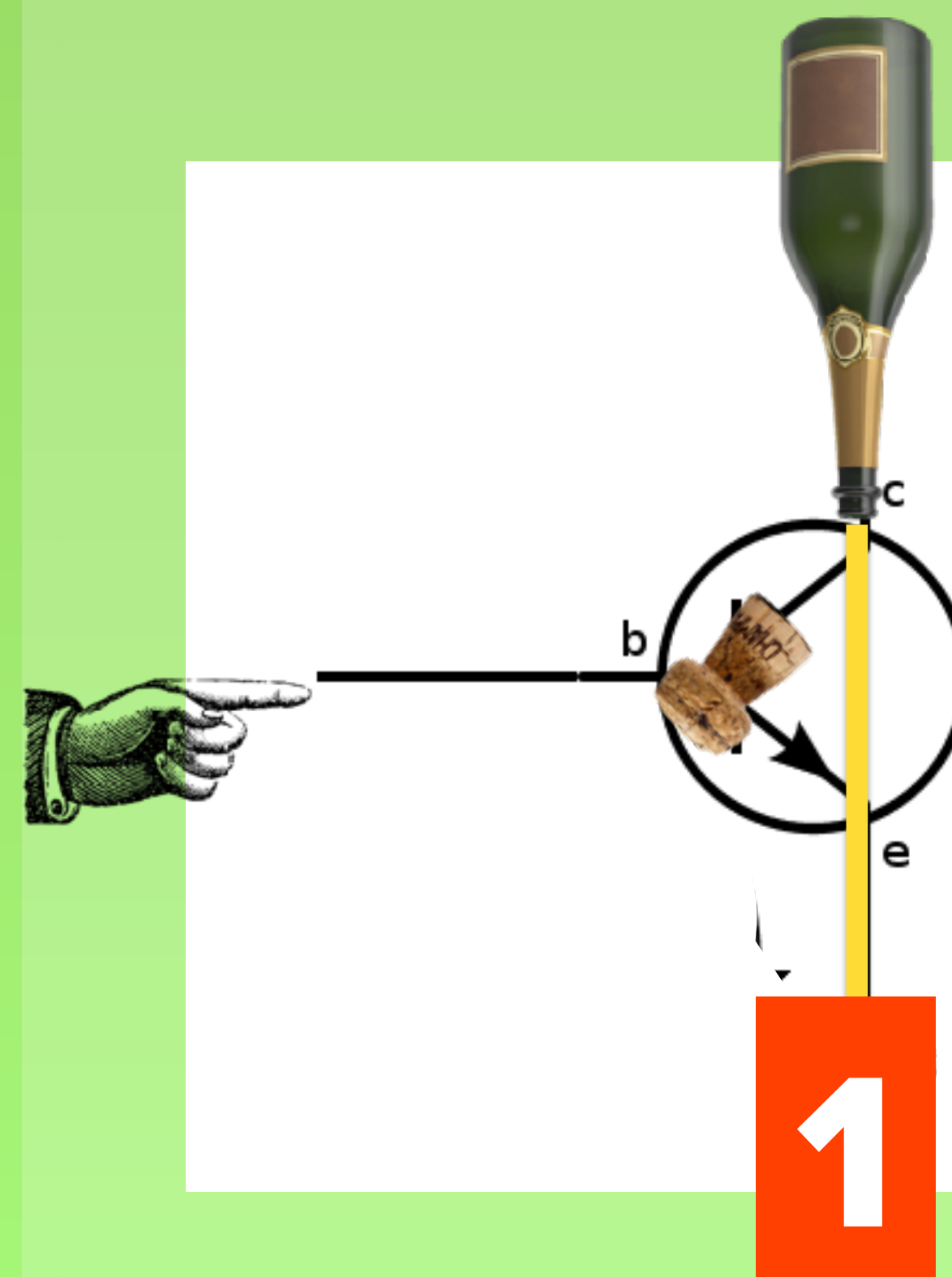
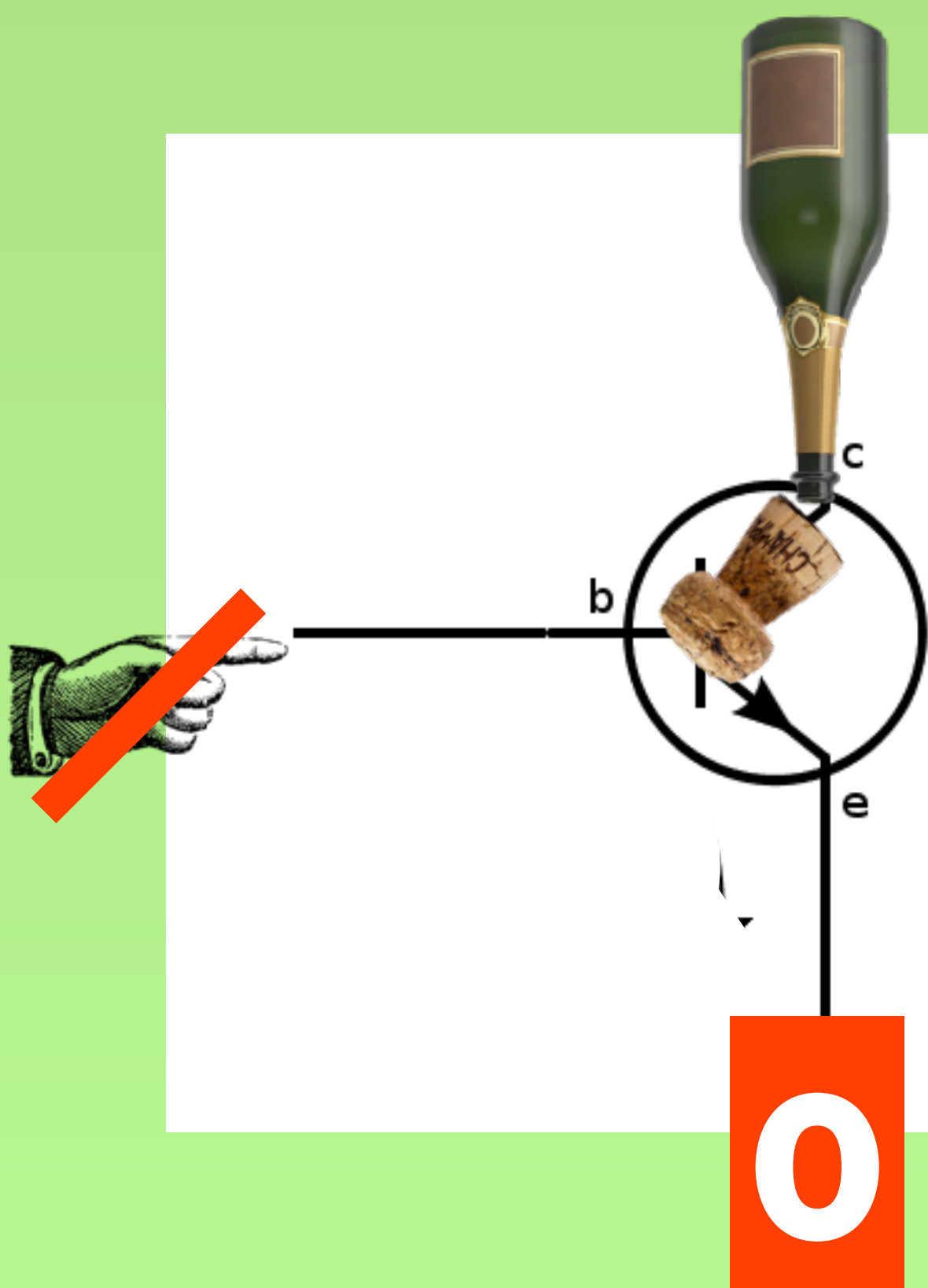
DUNQUE È UN'INCREDIBILE MACCHINA SENZA MECCANISMI, NEL SENSO TRADIZIONALE DEL TERMINE, ANCHE SE L'APRITE NULLA SI MUOVE.



E' QUESTA È L'INCREDIBILE SCOPERTA DEL 1956 FATTA DAI FISICI, HANNO CAMBIATO IL FUNZIONAMENTO INTERNO DELLE MACCHINE, L'ERA ELETTRONICA È PARTITA







0
1
2
3
4
5
6
7
8
9



0
1

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9



0
1



MALVALDI M., *LE DUE TESTE DEL TIRANNO. METODI MATEMATICI PER LA LIBERTÀ*, RIZZOLI, MILANO, 2017

Quanto fa Mela Verde per TremalNaik?

Sia invece il vostro parlare «sì, sì», «no, no»; il di più viene dal Maligno.

Vangelo di Matteo, 5:37

La prodigiosa memoria di Ireneo Funes

Nel racconto *Funes, o della memoria*, Jorge Luis Borges narra del suo incontro con Ireneo Funes, un ragazzo di campagna che rimane paralizzato in seguito a un incidente, sviluppando nel contempo una memoria a dir poco prodigiosa.

Funes, ci dice Borges, «sapeva le forme delle nubi australi dell'alba del 30 aprile 1882, e poteva confrontarle, nel ricordo, con la copertina marmorizzata d'un libro che aveva visto una volta sola». ¹ Il suo modo di ricordare era multisensoriale; tutto quello che gli causava una sensazione, in pratica, gli restava appiccicato e non se ne dimenticava più. Una condizione non troppo desiderabile per l'essere umano, specialmente se tifoso dell'Inter.

Funes, immobile, passa il tempo nella sua branda a inventare sempre nuovi modi per categorizzare i suoi ricordi. Per esempio, aveva inventato un nuovo e allucinante sistema di numerazione:

Mi disse che verso il 1886 aveva scoperto un sistema originale di numerazione e in pochi giorni aveva superato il ventiquattromila. Non l'aveva scritto, perché averlo pensato una sola volta gli bastava per sempre. Il primo stimolo, credo, gli venne dallo scontento che per il 33 in cifre arabe ci volessero due segni e due parole, in luogo di una sola parola e d'un solo segno. Applicò subito questo stravagante principio agli altri numeri. In luogo di settemilatrecenti diceva (per esempio) Maximó Pérez; in luogo di settemilaquattordici, La Ferrovia; altri numeri erano Luis Melián Lafinur, Olimar, zolfo, il trifoglio, la balena, il gas, la caldaia, Napoleone, Augustín de Vedia. In luogo di cinquecento, diceva nove. A ogni parola corrispondeva un segno particolare, una specie di marchio. ²

Borges, con la pazienza che è consigliabile coi matti, tenta di spiegargli che quella cacofonia sconnessa è esattamente il contrario di un sistema di numerazione, che dire 365 significa dire tre centinaia, sei decine e cinque unità, ma Funes «non sentì o non volle sentirmi».

Istintivamente, avvertiamo subito che il sistema di Funes è delirante. Proviamo per un attimo, nel dettaglio, a capire perché.

In primo luogo, c'è un piccolo problemino chiamato «infinità dei numeri». Per poter elaborare un sistema di numerazione è necessario mettere in relazione ogni numero con una parola, e questo può risultare difficile, avendo a disposizione una vita di durata finita: anche a fare una connessione ogni secondo, se Funes fosse vissuto fino a cento anni difficilmente avrebbe superato i mille miliardi. ³

Però il problema reale del sistema di Funes è un altro.

Funes, ci dice Borges, «aveva imparato senza fatica l'inglese, il francese, il portoghese, il latino. Sospetto, tuttavia, che non fosse molto capace di pensare». Sospetto più che giustificato.

Pensare significa mettere in relazione: dato un prima, dire cosa verrà dopo, o dato un evento, stabilire cosa lo ha causato. Il metodo di classificazione di Funes non consente di mettere due numeri in relazione. Di sommarli, sottrarli o, più semplicemente, di decidere quale dei due fosse più grande o più piccolo *senza fare ricorso alla memoria*, ma soltanto manipolando dei simboli. Un sistema sterile, insomma, una mera acrobazia archivistica della mente utilizzabile, forse, solo da Funes stesso.

Nemmeno da lui, in ultima analisi: una memoria priva di relazioni, sia interne (perché è un puro sistema di catalogazione, senza alcun collegamento) che esterne (perché nessun altro la padroneggia), non è memoria, perché non consente di correggere eventuali errori. Provate anche solo a immaginarvi un ipotetico dialogo tra Funes e uno che tenti di prenderlo sul serio:

- Come si dice 586?
- Si dice Parquet.
- Ma ieri avevi detto che si diceva Balotelli...
- No, no, fidati, me lo ricordo. Si dice Parquet.
- Sì, addio...
- No, Addio è il 388.

Provate un po' a stabilire chi ha ragione.

Qualcuno di voi avrà trovato pedissequa, inutile, o financo pallosa questa puntigliosa analisi dei motivi per i quali il sistema di numerazione di Funes non ha senso. Oltre a mettervi in guardia, nuovamente, sulla troppa facilità con cui usiamo l'aggettivo «inutile», vi potrei rispondere facendovi notare che spesso le caratteristiche di un sistema si capiscono ragionando sulle apparenti ovvietà che questo presenta, e chiedendosi se tali verità autoevidenti non siano, in realtà, altro che consuetudini, abitudini incrostate dal tempo, e non strutture cristalline di verità. Da ragionamenti oziosi su ingannevoli tautologie, non di rado nascono nuove tecnologie.

La tecnologia più potente che abbiamo, per esempio, è nata dal fatto che Leibniz si chiese se era davvero necessario imparare a memoria le tabelline.

Leibniz e il teorema della divisione

Gottfried Wilhelm von Leibniz nasce a Lipsia nel 1646 e muore a Hannover nel 1716; tra queste due date si occuperà di matematica, filosofia, logica, glottologia, diplomazia, giurisprudenza e storia, con numerose intersezioni tra le varie discipline, e ancor più

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

numerosi colpi di genio. A leggere la vita e le opere del poliedrico pensatore tedesco, si ha la netta impressione di uno che non era capace di dire cose banali nemmeno quando parlava del tempo.

O quando spiegava come scrivere i numeri interi.

Uno dei lavori di Leibniz destinati ad avere importanza fondamentale, infatti, è un articolo scritto in francese (una delle sei lingue che il nostro padroneggiava) e intitolato *Explication de l'arithmétique binaire*, nel quale nota alcune analogie tra un curioso metodo di scrittura dei numeri e le figure cabalistiche cinesi note come I Ching. Questo articolo, nella sua apparente semplicità, è alla base di quell'oggettino che oggi chiamiamo «computer».

Per seguire in modo convinto il ragionamento del grande filosofo tedesco, enunciamo per prima cosa il teorema su cui si basa:

Teorema apparentemente inutile

Ogni numero naturale è esprimibile come somma di potenze di due.

In pratica, qualsiasi numero intero positivo può venire scritto in base due. Per esempio, è $8 + 4 + 1$, ovvero $2^3 + 2^2 + 2^0$; ricordarsi che qualsiasi numero uguale a uno è essenziale, altrimenti ci giochiamo i numeri dispari. Per farvi altri esempi, perché essendo questo un teorema, cioè un'asserzione, possiamo stare sereni e tranquilli che qualsiasi numero vi venga in testa si può fare in questo modo. Leibniz, nel suo lavoro, parte proprio da questa certezza.

L'usuale pratica del calcolo, scrive, viene fatta in base alla progressione come si dice oggi in base dieci: le cifre che usiamo sono 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Da notare: non la pratica *corretta*, ma quella *usuale*.

Leibniz parte dall'osservare come scrivere i numeri in base dieci è solo un'abitudine, e non una caratteristica intrinseca del numero stesso. Il numero 13 di cui sopra veniva scritto dai romani come una X seguita da III, e gli antichi egizi lo vergavano su papiro come una U rovesciata seguita da III. Il problema con questi due sistemi è che sono adatti per contare, più che per calcolare: tentare di calcolare 27×39 in numeri romani può facilmente d'animò tale per cui l'invasione militare di Paesi confinanti è l'unico modo per sfogarsi un po'.⁴ Il sistema decimale è, quindi, semplicemente un'abitudine, ottima per fare i conti, ma in nessun modo definitiva.

Sono possibili delle alternative. Infatti, scrive sempre Leibniz:

Per molto tempo ho utilizzato la progressione più semplice di tutte, quella che procede di due in due, che ho trovato utile per la perfezione della scienza dei numeri.⁵

Si può fare aritmetica usando due simboli, ovvero 0 e 1. La progressione dei numeri è semplice: si usano solo due cifre, e quando si raggiunge un multiplo di due si riparte da capo.

0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000

13

 $8 + 4 + 1$ $2^3 + 2^2 + 2^0$

evidenziate le potenze di 2.

lungo e brigosio: in effetti, al posto di 9 ci tocca scrivere 1001100. Sette anni fa, quando vidi vedere Irene Funes scuotere la testa con disapprovazione, mi dissi: «povera di risorse».

Il sistema decimale, la lunghezza del numero binario analogo cresce in modo esponenziale: per scrivere l'anno in cui siamo richiederebbe undici cifre. Il sistema binario è un po' poco maneggevole.

Perché in questo modo, dice Leibniz, possiamo fare tutte le operazioni aritmetiche che ci vengono in mente senza alcun bisogno della memoria. Somme, sottrazioni, moltiplicazioni e persino divisioni,

sono così facili che non ci sarebbe alcun bisogno di provare o di tirare a indovinare, come usualmente si fa nella divisione ordinaria. Non ci sarebbe bisogno di imparare a mente alcunché, come deve essere fatto nel calcolo ordinario, dove uno deve sapere che 6 e 7 presi insieme fanno 13, o che 5 per 3 fa 15, in accordo con la tabella dell'uno per uno uguale uno, che è chiamata «pitagorica».

Diciamoci la verità: questa osservazione che potremmo buttare via le tabelline pitagoriche fa esultare dal profondo del cuore chiunque abbia frequentato le elementari. Il numero di nozioni che è necessario conoscere a memoria per fare aritmetica in base due è estremamente limitato.

Basta solo sapere che in binario $1 + 1$ fa 10, e tutte le moltiplicazioni sono automatiche.

0

1

Addirittura, per fare le divisioni non è necessario mettersi a recitare litanie tipo «il sette nel venti ci sta due volte e porto sei...» ma è sufficiente riconoscere se un numero è più piccolo di un altro, o uguale, o più grande. Il sogno di ogni scolaro.

Il motivo per cui Leibniz utilizzava i numeri binari era il fatto che, scrivendoli in questa buffa modalità, molti numeri rivelavano in modo palese regolarità che in base dieci erano quasi invisibili: per raddoppiare un numero, per esempio, basta aggiungere uno zero in fondo.

Ma sarebbe conveniente da usare, questo sistema, nella vita di tutti i giorni?

Qui, il genio di Lipsia è piuttosto categorico: no. Non c'è alcun motivo, nella vita di tutti i giorni, per utilizzare tale sistema. Ormai, dice Leibniz, siamo talmente abituati a usarlo che i conti ci vengono spontanei, e farli in base due sarebbe sì privo di errori, ma così lunga come operazione che rischieremmo di commettere errori per pura e semplice distrazione. Per utilizzarlo appieno, ci vorrebbe un marchingegno che non si distrae per definizione, e che al comando «fai x» esegue correttamente x senza mai distrarsi. In poche parole, un oggetto automatico.

La vera potenza del sistema binario è data dal fatto che è facilmente automatizzabile. Primo, il sistema è infinito; un eventuale macchinario per fare calcoli ha a disposizione tutti i numeri che ci possono venire in mente. Secondo, funziona sulla base di qualcosa che c'è o che non c'è. Qualsiasi oggetto che possa assumere due posizioni può arrivare a esprimere due numeri. Per esempio, un circuito elettrico in cui passa corrente può prendere valore 1, mentre quando la corrente non passa prenderà il valore 0. Allo stesso modo, due di questi oggetti possono esprimere fino a quattro numeri: acceso-acceso, acceso-spento, spento acceso e spento-spento. Insomma, dati n circuiti, questi possono esprimere 2^n numeri diversi. E con i numeri, siamo a posto.

Ma, come abbiamo ripetuto più volte, la matematica non è la scienza dei numeri, bensì la scienza delle relazioni: per fare matematica non è sufficiente contare, bisogna anche saper fare operazioni. Ecco, se fossimo capaci di inventare un marchingegno che sia in grado di esprimere anche le operazioni tramite numeri, allora sì che saremmo a posto per davvero. Avremmo costruito un oggetto in grado di fare matematica al posto nostro, senza fare errori di calcolo.

Dall'abaco al computer

Per fare questo salto, dall'abaco al computer, occorreranno altri due salti concettuali.

Il primo avverrà a metà Ottocento, quando George Boole, oscuro professore di matematica dell'università di Cork, dimostrerà che non solo l'aritmetica, ma anche la logica, può essere eseguita in base due; il secondo avverrà poco prima della Seconda guerra mondiale, quando Alan Turing dimostrerà che un congegno automatico in grado di eseguire le operazioni algebriche e logiche di Boole (cioè, una sfilza di zeri e uni) su numeri scritti secondo quanto proposto da Leibniz (cioè, come una sfilza di zeri e uni) è in grado di calcolare *qualsiasi* proposizione matematica che abbia un risultato.⁶

Non sappiamo se tale duplice capolavoro del pensiero umano avrebbe meravigliato Leibniz. Un po' perché il grande pensatore di Lipsia era un noto ottimistone – c'è più di un sospetto che lo stolido Pangloss che Voltaire prende in giro nel suo *Candido* sia una caricatura di Leibniz – ma un po', anche, perché il risultato ultimo che il filosofo auspicava era esattamente questo. Alla fine dell'*Explication*, infatti, Leibniz spiega come trovi significativo che anche i cinesi avessero dedicato parte del loro tempo allo sviluppo di un

codice binario – I Ching, come abbiamo detto – e conclude dichiarando di non sapere se fosse presente nel sistema cinese un vantaggio simile a quello che ci sarebbe nella scrittura da lui progettata, e cioè che «ogni ragionamento che può essere effettuato a partire dalle nozioni può essere dedotto dai caratteri di scrittura delle nozioni stesse tramite una specie di conteggio, il che sarebbe uno degli strumenti più importanti per assistere la mente umana».

Assistere la mente umana. Non sostituirla, ma assisterla. Per esempio, evitarle gli errori cognitivi. Come la cara, vecchia abitudine.

Errore cognitivo: quando funziona quel tanto che basta...

Quando ero ancora in forze al dipartimento di chimica, spesso entrava nel mio studio per fare quattro chiacchiere Roberto Ambrosetti, un ricercatore del CNR da cui c'era sempre da imparare qualcosa. Nella mia testa Ambrosetti era Dante: alto, curvetto, «e sempre nella faccia malinconico e pensoso», come Boccaccio diceva del grande poeta.⁷

Ambrosetti, forse, non era un grande poeta: ma usava l'italiano in modo commovente, e quasi sempre lapidario. Come quando uno di noi laureandi, spinto dal giovanile entusiasmo che solo una conoscenza nuova e mal digerita può dare, tentò di mettere in rete tutte le stampanti del dipartimento perché fossero raggiungibili da ogni terminale. Conseguenza: una settimana di persone che giravano per il dipartimento coi fogli in mano, portando di persona al destinatario le mail, non di rado private, che erano state inviate alla stampa da Tizio dell'amministrazione e avevano trovato cartacea coerenza nella stampante di Caio dell'Istituto di chimica quantistica ed energetica molecolare, a trecento metri da lì. Fu allora che Ambrosetti, vedendo passare un ricercatore con in mano la stampa del segretissimo verbale di commissione per il concorso a professore associato a cui il ricercatore stesso era iscritto, commentò in amaro endecasillabo: «*Quando funziona quel tanto che basta, non lo toccare altrimenti si guasta*».

A un proverbio si è tentati di credere, non fosse altro che per l'inevitabile senso di coerenza di tutte le frasi in rima; ma un proverbio non è una verità, è solo un'affermazione. Un proverbio dice una cosa, e un altro il suo contrario: «Chi non risica non rosica», ma «Chi s'accontenta gode». Ed esistono tradizioni che non sempre hanno senso di esistere. Magari perché sono sbagliate o perché avevano senso quando erano state pensate. Poi, da procedure, sono diventati proverbi, e invece di aiutare l'essere umano hanno cominciato a ostacolarlo.

Nel racconto *Cromo*, Primo Levi narra di quando, nella mensa della fabbrica di vernici dove lavorava, qualcuno chiese perché il vino bianco si bevesse col pesce e il rosso con la carne, dando il via a una discussione sulle tradizioni. Uno degli operai, per esempio, raccontò che sul manuale di produzione di una fabbrica dove aveva lavorato in precedenza si diceva di aggiungere all'olio di lino due fette di cipolla, senza alcuna indicazione riguardo alla loro utilità. Solo andando a lavorare in una fabbrica diversa scoprirà l'arcano: agli inizi del Novecento, quando era stata scritta la prima versione del manuale tecnico, non esistevano i termometri, e si valutava la temperatura dell'olio facendo rosolare una fetta di cipolla. Quando iniziava a sfrigolare, la temperatura era giudicata buona. In seguito, nessuno si era premurato di aggiornare il manuale.

Le tradizioni esistono da sempre. Ma il mondo non è quello di centomila, o diecimila, o anche solo dieci anni fa. Dire «sì è sempre fatto così» è un rifugio sicuro e assolutamente comprensibile per non commettere errori nuovi; al tempo stesso, però, è un chiaro paletto per impedirsi di migliorare. Capire quando la tradizione può aiutare, e quando invece non

1
2
3
4
5
6
7
8
9

fa altro che ostacolare, è uno dei compiti più ardui della nostra vita cognitiva; ma bollare come inutile una speculazione intellettuale sincera e disinteressata che trova metodi alternativi per fare qualcosa che già si sa fare, solo perché «abbiamo sempre fatto così e ha sempre funzionato», è solo un atto di pigra presunzione.

TRANSISTOR



0
1

1-DH

2-DH



1 DEFINIZIONE



2 DH E AI (SEMINARIO)

3-DH

3-DH

4-DH



3 FONDAMENTI MATEMATICI . NUMERO



4 FONDAMENTI INFORMATICI . CODIFICA



5 FONDAMENTI FISICI . CIRCUITO

I TESTI



6 LE DH APPLICATE A TESTI E DOCUMENTI



7 PROBLEMI DI METODO



8 CONVERGENZE DISCIPLINARI: IL TESTO

GLI OGGETTI



9 LA CODIFICA DELLE IMMAGINI DIGITALI



10 LO STATUTO DELLE IMMAGINI DIGITALI



11 LE DH APPLICATE ALLE IMMAGINI

I SUONI



12 LA CODIFICA DEI SUONI DIGITALI



13 NARRAZIONI MULTIMEDIALI E MEMORIA



14 ASPETTI GESTIONALI



15 DH VISIONI

BIBLIOGRAPHY

- ▶ Verdicchio M., *L'informatica per la comunicazione*, Franco Angeli, Milano, 2015 (seconda edizione)
- ▶ Girelli L., *Noi e i numeri*, Il Mulino, Bologna, 2006
- ▶ Valerio C., *Storia umana della Matematica*, Einaudi, Torino, 2016 (ebook ISBN 9788858423721)
- ▶ Malvaldi M., *Le due teste del tiranno. Metodi matematici per la libertà*, Rizzoli, Milano, 2017
- ▶ Burdick A., Drucker J., Lunefeld P. Presner T., Shnapp J., *Umanistica_Digitale*, Mondadori, Milano, 2015 (trad.it. Burdick A., Drucker J., Lunefeld P. Presner T., Shnapp J., *Digital_Humanities*, MIT Press, Cambridge, MA), 2012
- ▶ Bijker, Wiebe E., *Of bicycles, bakelites, and bulbs: toward a theory of sociotechnical change*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1997; http://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_5110/bijker.pdf



