

ALAN TURING'S PILOT ACE

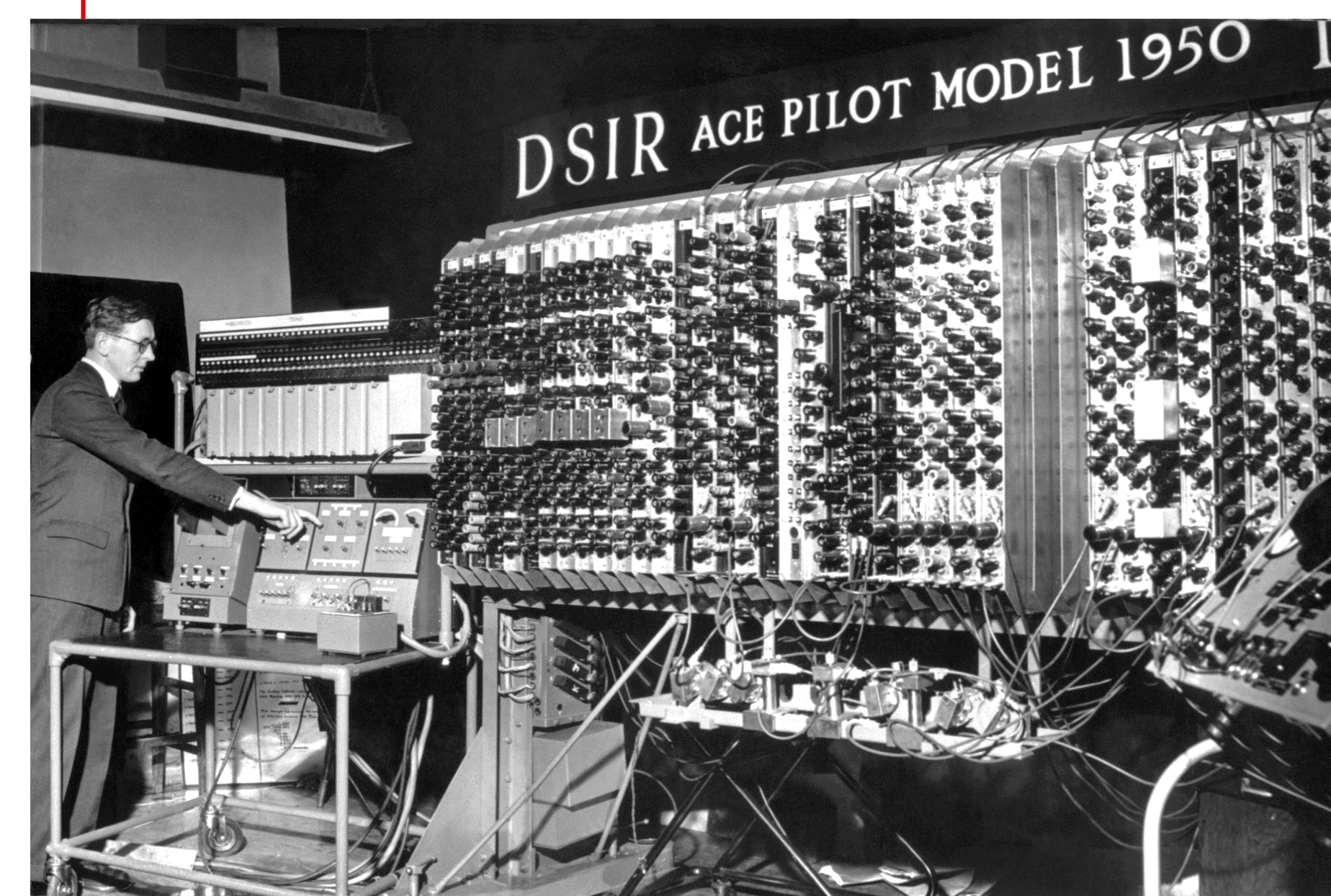
SCHNELLSTER COMPUTER DER WELT? 1946-1951

GESCHICHTE



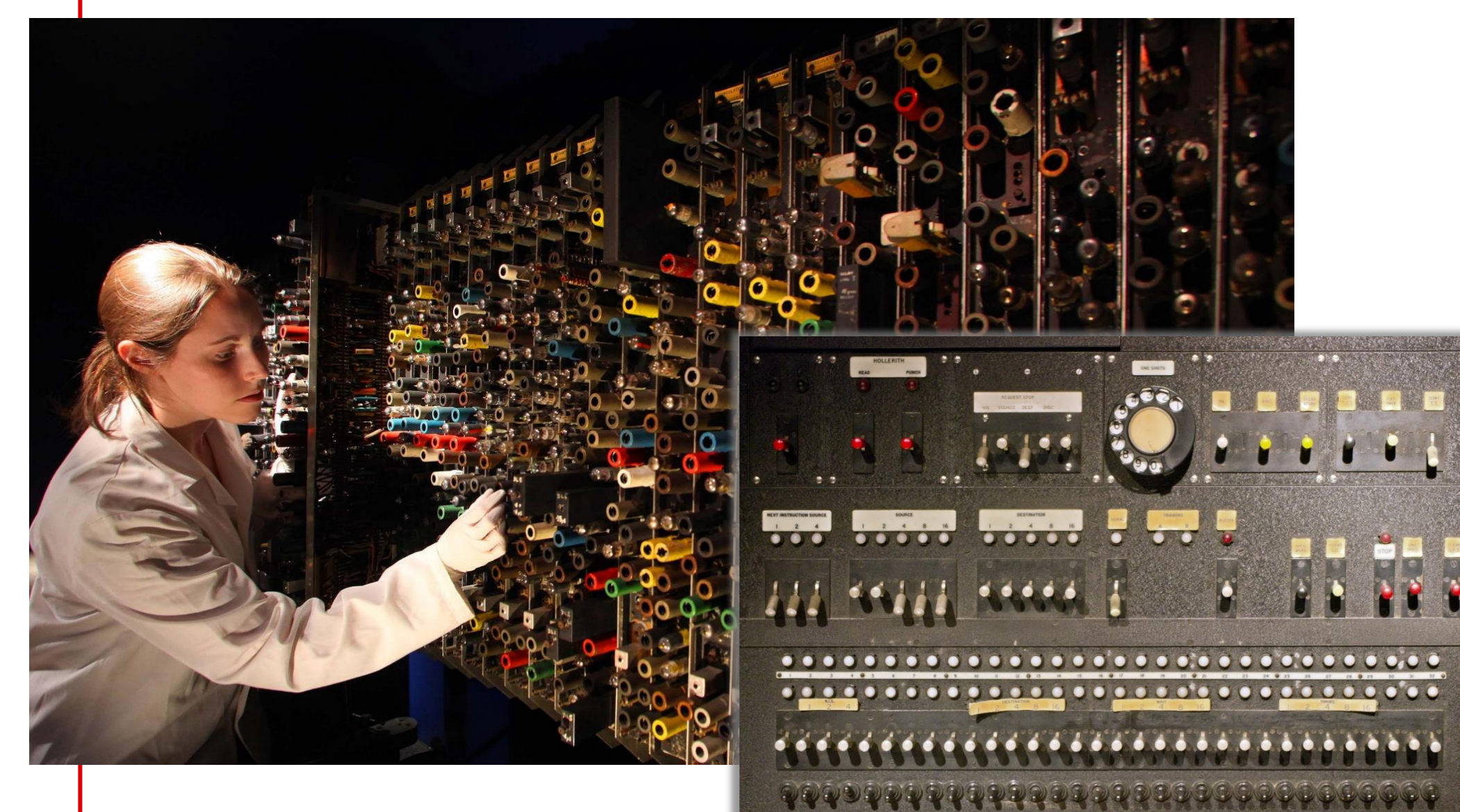
Lange Entwicklungszeit

- 1945 Mathematics Division des NPL gegründet
- 1946 Turings „Proposal for the Development of an Automatic Computing Engine (ACE)“
Weiterentwicklung des ACE-Konzepts, Vorarbeiten am Laufzeitspeicher
- 1947 Start „ACE Test Assembly“ – letztlich erfolglos
- 1948 Turing verlässt das NPL, wechselt nach Manchester
- 1949 Neustart mit der „Pilot ACE“



Schnellster Computer der Welt – 1 MHz!

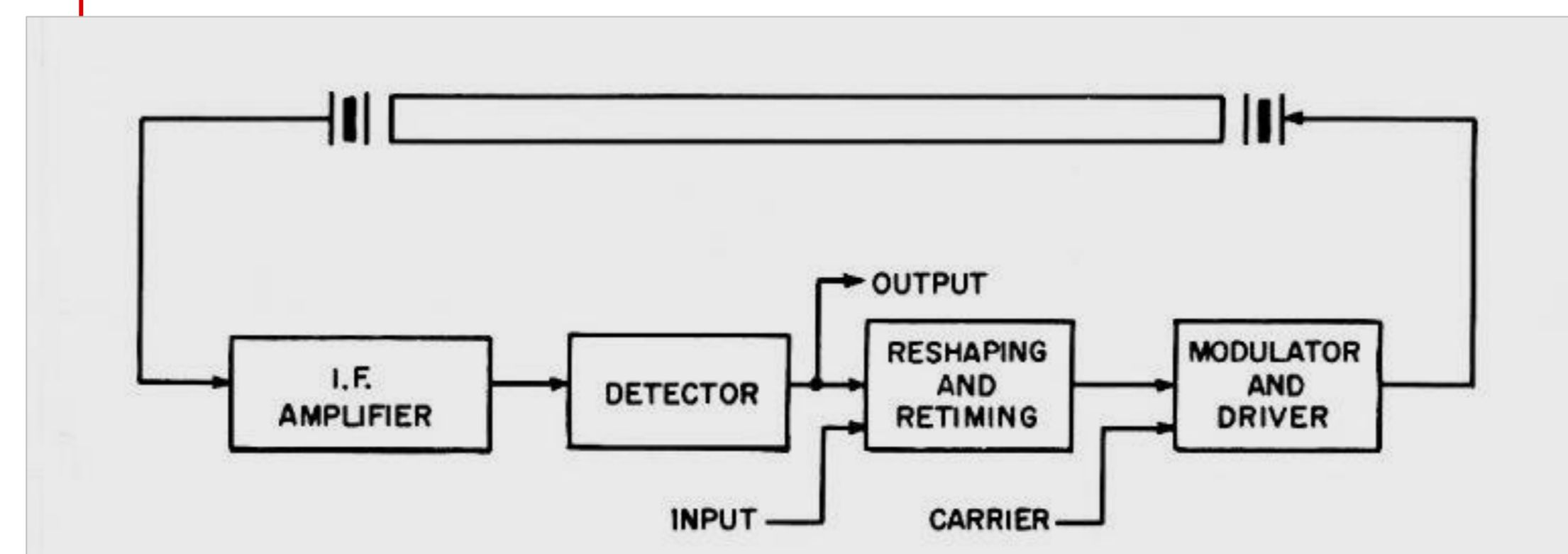
- 1950 Pilot ACE – erste öffentliche Vorführung
- 1951 Produktiver Betrieb der Pilot ACE am NPL beginnt
- 1955 DEUCE – kommerzielle Variante der Pilot ACE
- 1956 Pilot ACE geht außer Betrieb
- 1958 Full-scale ACE geht in Betrieb – leider bereits veraltet
- Heute Pilot ACE im Science Museum, London (ohne Funktion)



TECHNIK

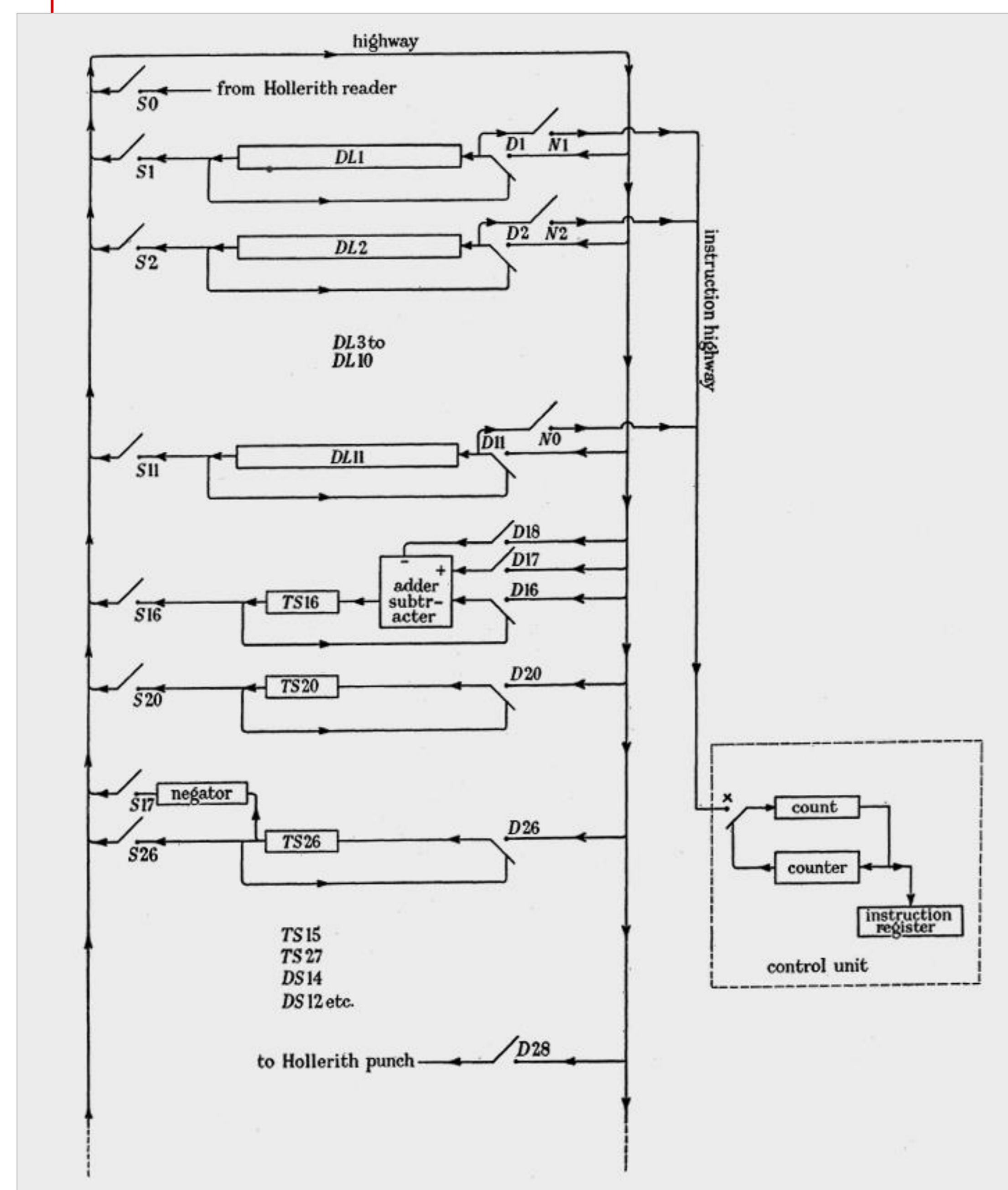
Ultraschall-Umlaufspeicher für Daten und Programm

- 10 Quecksilber-gefüllte Rohre, je ca. 1,5 m lang
- 32 Worte à 32 Bit je Speicher je Speicherrohr
- 1 MHz Bit-Takt!
- Lochkarten dienen als erweiterter Speicher



Bit-serielle Architektur

- Einzigster Befehl: „Transfer von Source zu Destination“
- Spezielle Source- und Destination-Adressen stellen Rechen- und Logikfunktionen bereit
- ADD, SUB, MUL, AND, XOR, NOT, Shift, Branch on non-zero, Branch on negative
- Block-Operationen auf bis zu 32 Worten möglich
- Jeder Befehl enthält die Adresse des nächsten Befehls



TINY ACE

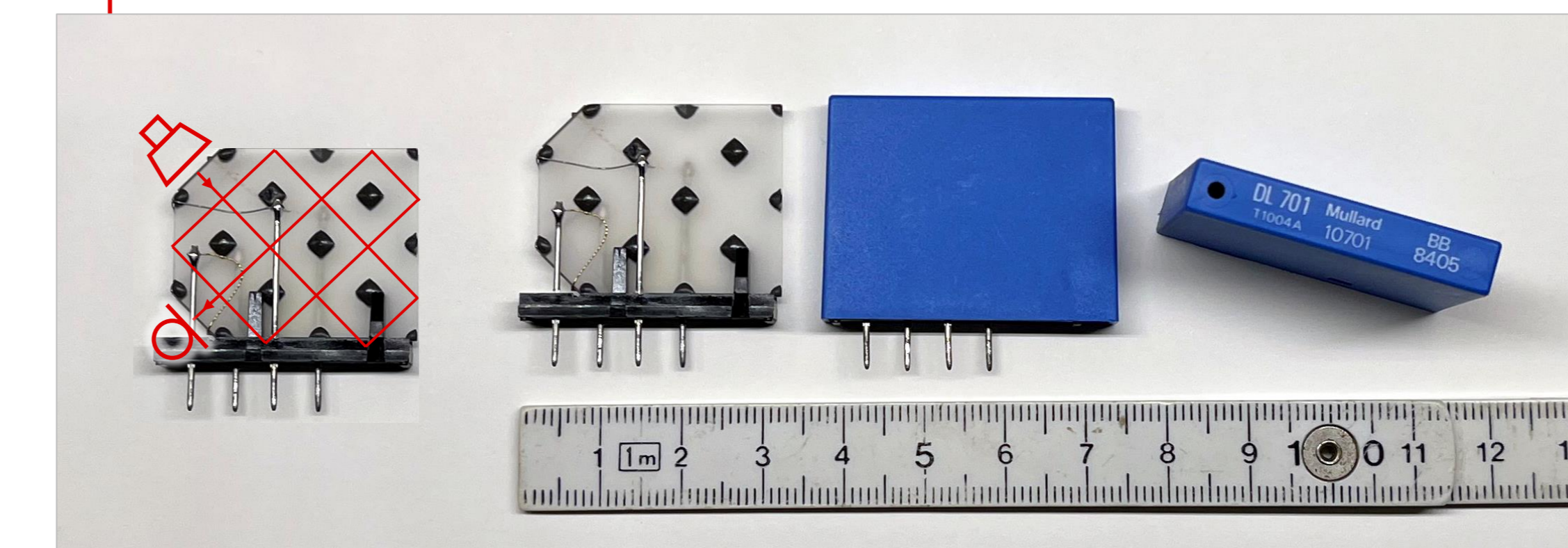
EIN MODERNES FUNKTIONSMODELL

Jürgen Müller, Hamburg
juergen@e-basteln.de
www.e-basteln.de

DIE ACE FÜR ZUHAUSE

Echter Ultraschall-Laufzeitspeicher

- PAL Chroma-Verzögerungsleitung, Glasplatte mit Ultraschallgeber und -aufnehmer
- ~ 64µs Laufzeit, ~ 5 MHz Takt
→ 320 Bit, 16 * 20 Bit Wortlänge



Diskreter Aufbau aus 74xx-Logik

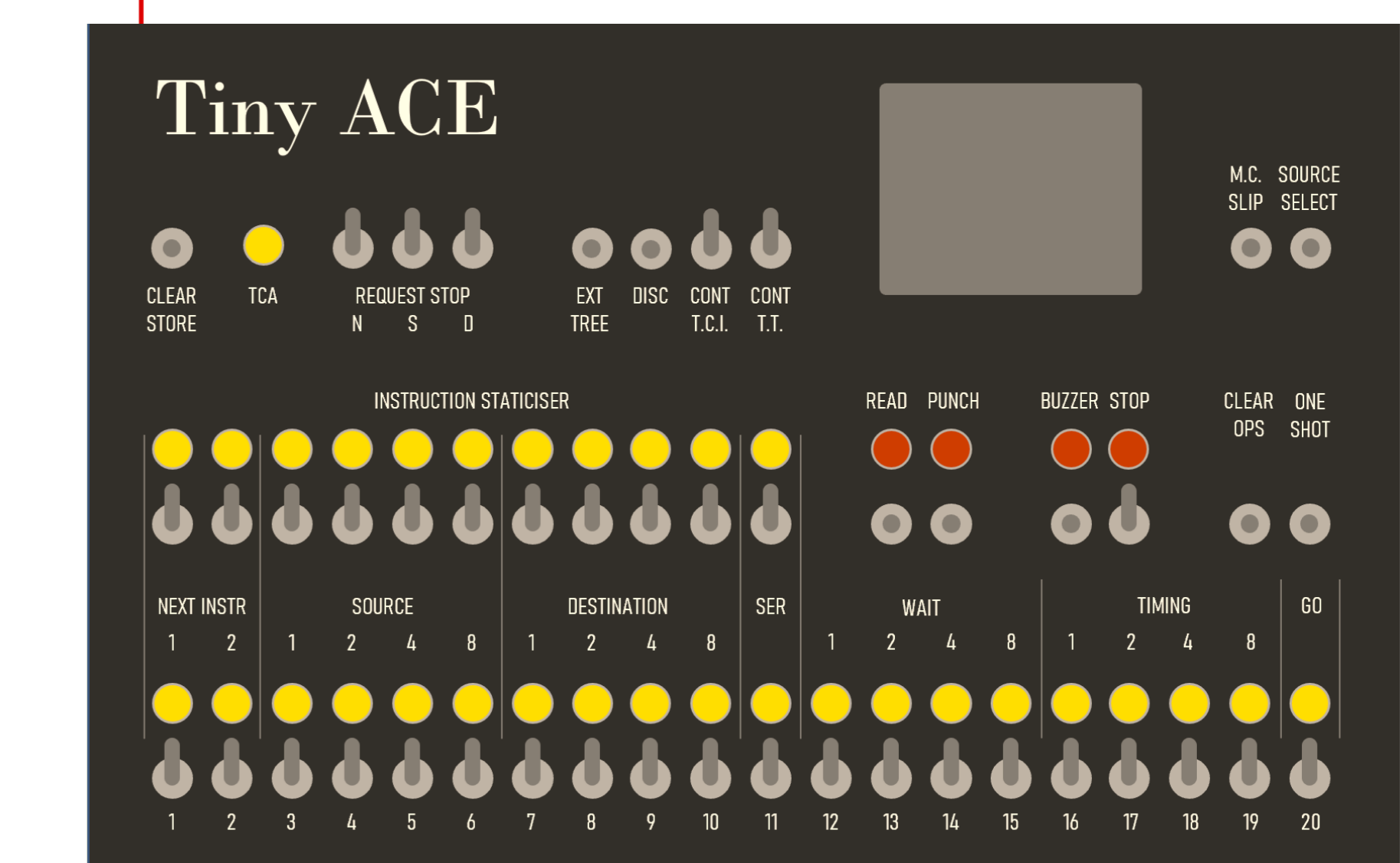
- Platinenlayout zeigt das Blockdiagramm der ACE
- Begrenzter Speicher → kleinere Wortlänge (20 statt 32 Bit)
- Nur je 16 Sources und Destinations statt 32, Doppelwort-Arithmetik und Multiplikation entfallen
- Alle anderen Rechen-, Logik- und Branch-Befehle vorhanden, Blockoperationen („serial“-Mode) unterstützt
- Optischer Kartenleser und serielle Schnittstelle zum PC ersetzen Lochkartenleser und -stanzer



PROGRAMMIERUNG

Drei-Adress-Architektur

- Source S, Destination D, Next Instruction N
- Zusätzlich zur Speicherbank wird die Zeit angegeben: Datenzugriff nach Wait W; nächster Befehl folgt nach Time T
- Blockoperation via „Serial“-Flag: Wiederhole die Operation für alle Zeiten von W bis T
- Struktur des Befehlswords ist direkt auf der Konsole ablesbar



„[...] the American tradition of solving one's problems by means of much equipment rather than by thought [...] would require a very much more complex control circuit than is proposed in our fullsize machine.“
– Turing 1946

- Die ACE war mühsam zu programmieren – minimaler Hardwareaufwand, dafür mehr Programmieraufwand
- „Preliminary Coding“: Zuordnung von Speichern und Registern, Befehlssequenz festlegen (S, D)
- „Optimum Coding“: Wait und Timing festlegen, Instruktionen und Datenzugriffe optimal verschachteln (W, T, N)

m.c.	N	S	D	Ser	Wait	Time	Go	Wait m.c.	Time m.c.	Comment
0	1	14	-	9	1	0	0	x	2	TCA ON, TS4 extends DL3
2	1	1	-	5	1	11	15		15	init loop counter TS5 from DL1.15
3	1	14	-	2	1	11	1		0	#0 > DL2.0 (nothing swapped yet)
6	1	4	-	3	0	4	3		12	Shift complete DL3, block operation
11	1	8	-	5	1	0	15		13	ASR TS5, decrement loop counter
12	1	5	-	11	1	15	15		13	13 or 14 BNZ (TS5) continue pass through list
13	1	2	-	11	1	1	2		0	1 or 2 BNZ (DL2.0) repeat, new pass
1	1	14	-	13	1	0	14	x	3	done: Buzzer on, stop
14	1	3	-	6	1	0	4		0	DL3.0 > TS6
4	1	3	-	8	1	11	15		1	subtract DL3.1
5	1	6	-	10	1	15	15		6	6 or 7 BMI (TS6) do swap operation
7	1	3	-	6	1	8	15		1	DL3.1 > TS6
8	1	4	-	3	1	7	15		1	DL3.0 > DL3.1
9	1	6	-	3	1	5	15		0	TS6 > DL3.0
10	1	12	-	2	1	4	10		0	#1 > DL2.0 (swapped something)
15	0	0	-	0	0	0	1	x	n/a	constant 1 < 15

„Bubble Sort“ für die Tiny ACE

- Sortiert 16 Werte in Speicher DL3 in aufsteigender Reihenfolge. Wiederholt paarweise Vertauschung, bis nichts mehr zu tauschen ist.
- Verwendet Blockoperation „Rotiere DL3 um ein Wort“ (TCA-Modus), um die Liste in DL3 zu durchlaufen, statt laufendem Index.