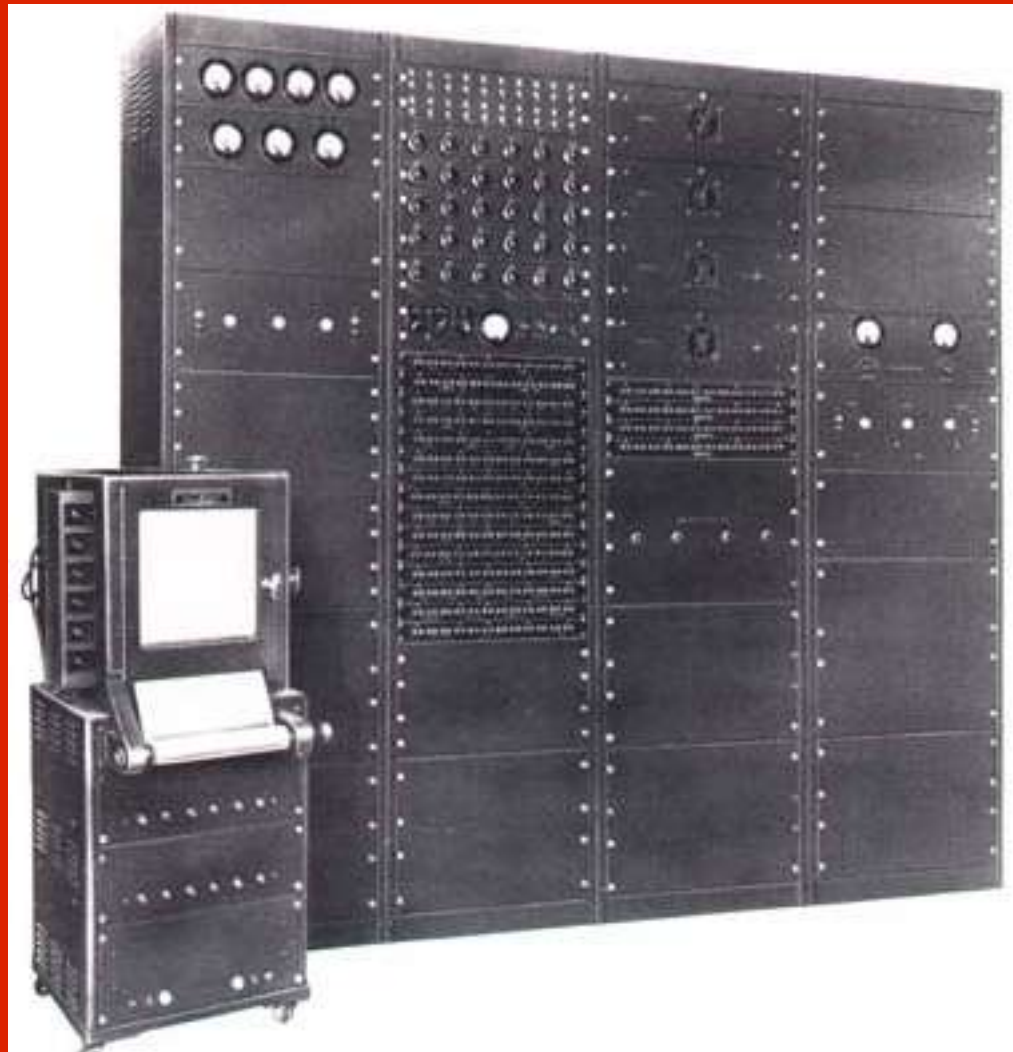


Analogiatietokoneet

Jari Suominen
Tietojenkäsittelytieteen historia
20.1.2005

Analogiatietokoneet

- Analogiakoneiden esittely
- Laitteisto
- Analogiakoneen ohjelmointi
- Analogiakoneiden historiaa
- Analogiakoneita Suomessa

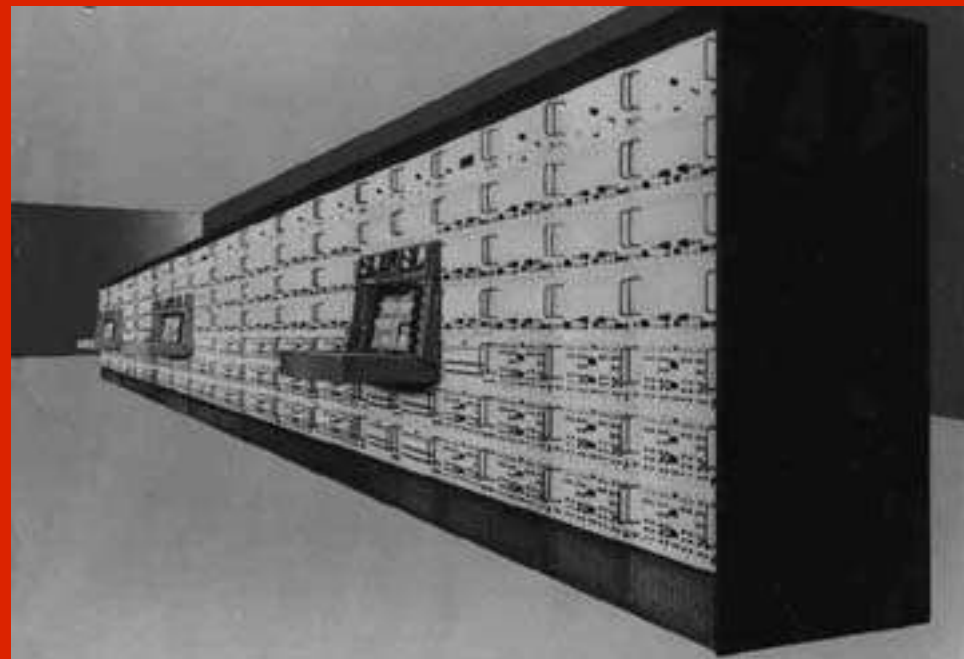
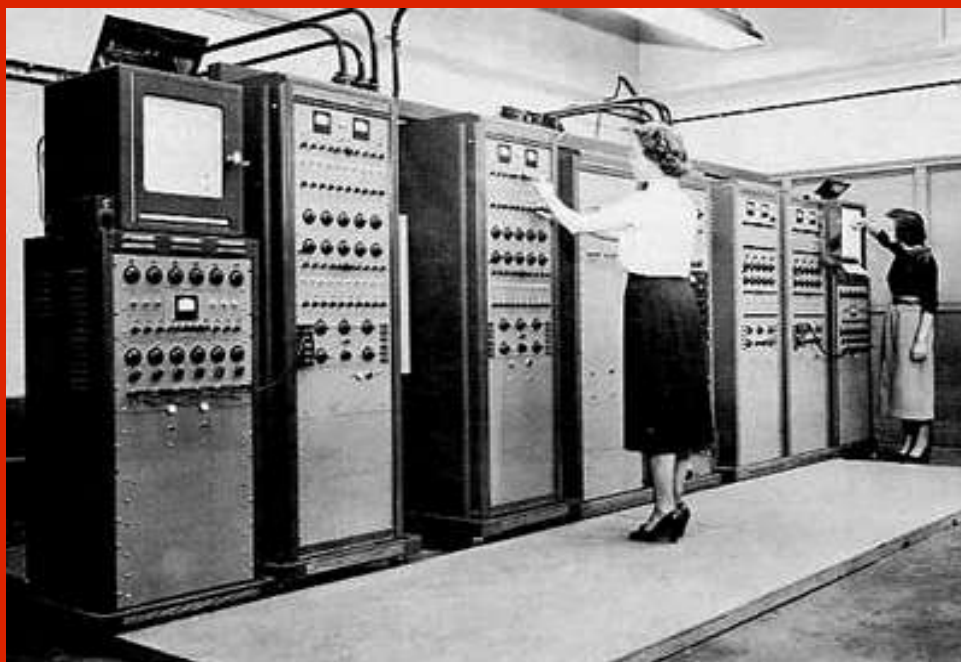
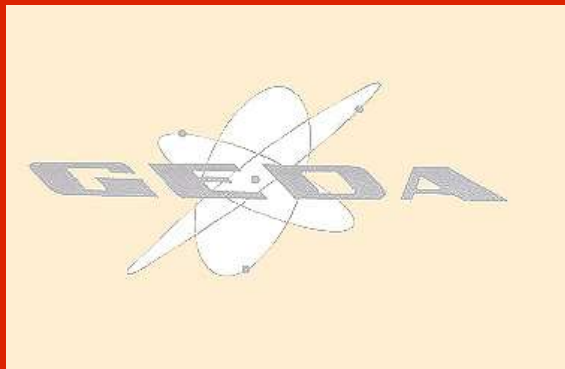


Reeves Instruments Inc. REAC 100 [Cow05]



Electronic Associates Inc. PACE 16-24D [Cow05]

Goodyear Aircraft Company



GEDA A-14

l-2/n-2/r-2

[Cow05]

Applied Dynamics Inc.



Ad-256



Ad-80

[Cow05]

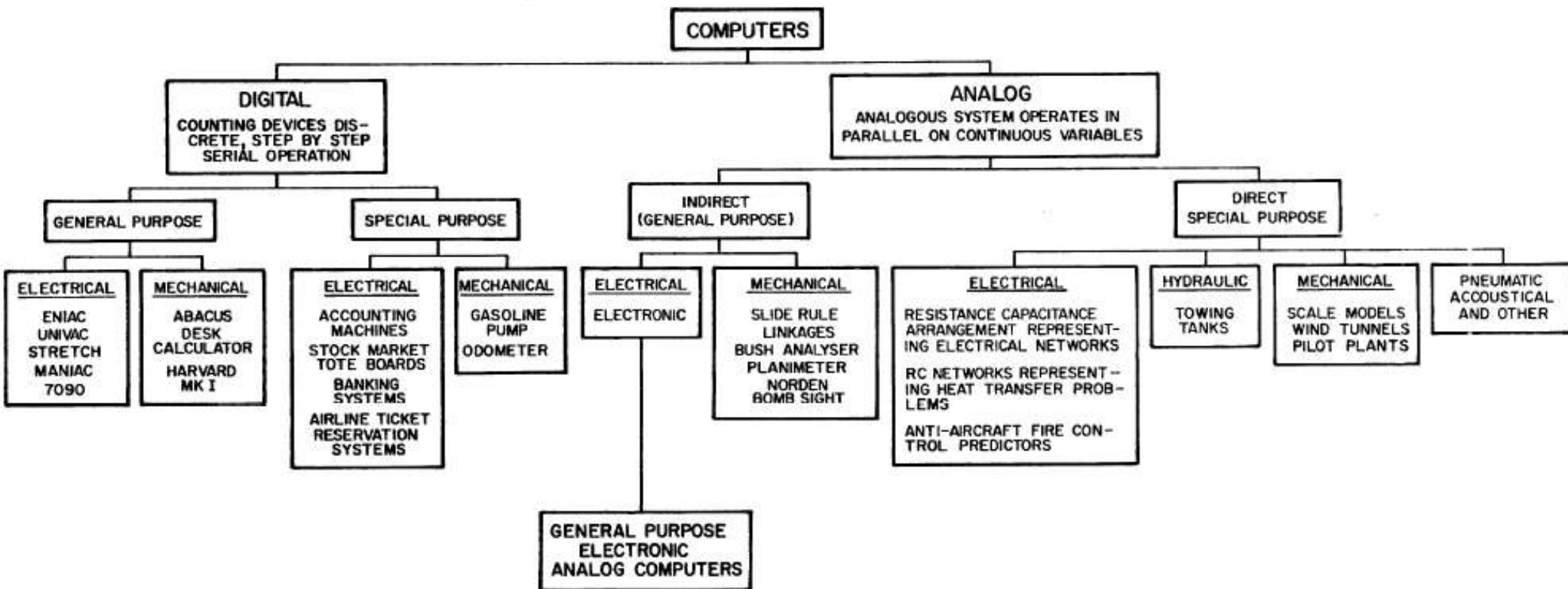
General Purpose Electronic Analog Computer

- Elektroninen analogiatietokone, differentiaalianalysaattori
- Suomennoksia useita:
 - Analogialaskin
 - Analogiakone
 - Matemaattinen koje
 - Analogiatietokone
 - Analoginen tietokone

Analogia

- Kaksi järjestelmää, joilla vakiokertoimia ja yksiköitä lukuunottamatta on samanlaiset matemaattiset kuvaukset, voidaan kutsua analogioiksi

Analoginen vs Digitaalinen



Analoginen vs Digitaalinen

- Analogiakone suorittaa laskentaa aidosti rinnakkaisesti käyttäen jatkuvaa arvojoukkoa.
- Digitaalinen tietokone suorittaa loogisia operaatioita yksi kerrallaan. Muuttujien arvojoukko on diskreetti.

Analoginen vs Digitaalinen

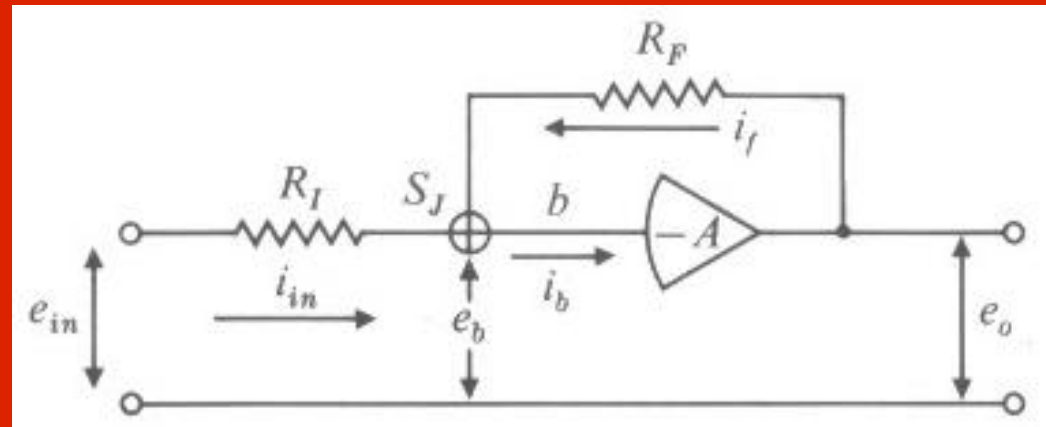
- Analogialaskimen heikkous rajoitettu tarkkuus ja huonot mahdollisuudet tiedon muistamiseen, viiveen generointiin ja monimutkaisten loogisten toimintojen suorittamiseen
- Digitaalikoneen laskenta-aika riippuu tehtävän laajuudesta ja monimutkaisuudesta

Laitteisto

- Analogiatietokone koostuu joukosta laskentapiirejä
 - Lineaariset piirit:
 - Yhteenlasku
 - Integrointi
 - Vakiolla kertominen
 - Epälineaariset piirit:
 - Kertominen ja jakaminen
 - Funktiogeneraattorit

Operaatiovahvistin

- Analogiakoneen peruskomponentti



- Kääntävä ja ei-kääntävä sisääntulo
- Negatiivinen takaisinkytkentä

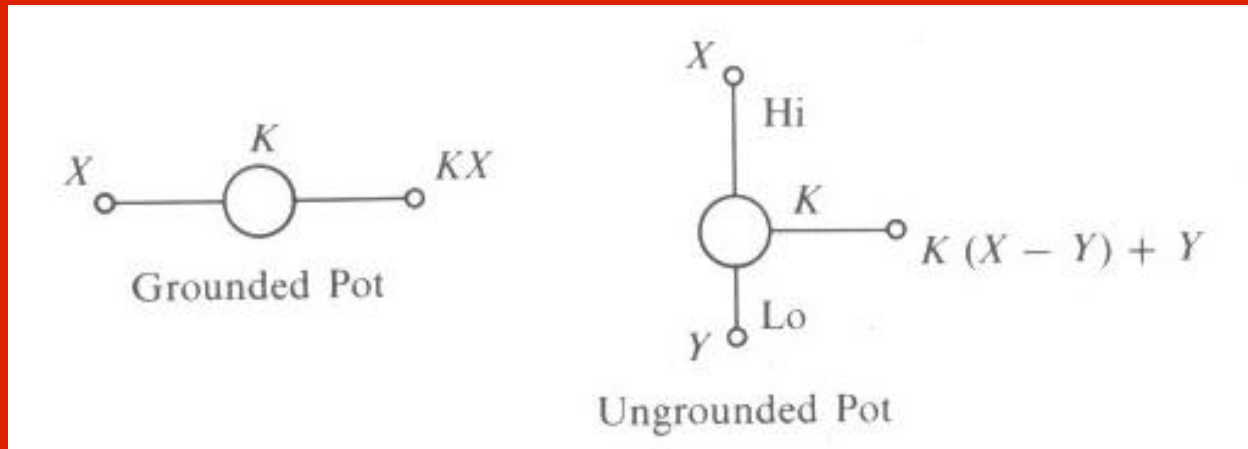
Operaatiovahvistin



George A. Philbrick Research Inc. K2-W (1952) [Cow05]

Vakiolla kertominen

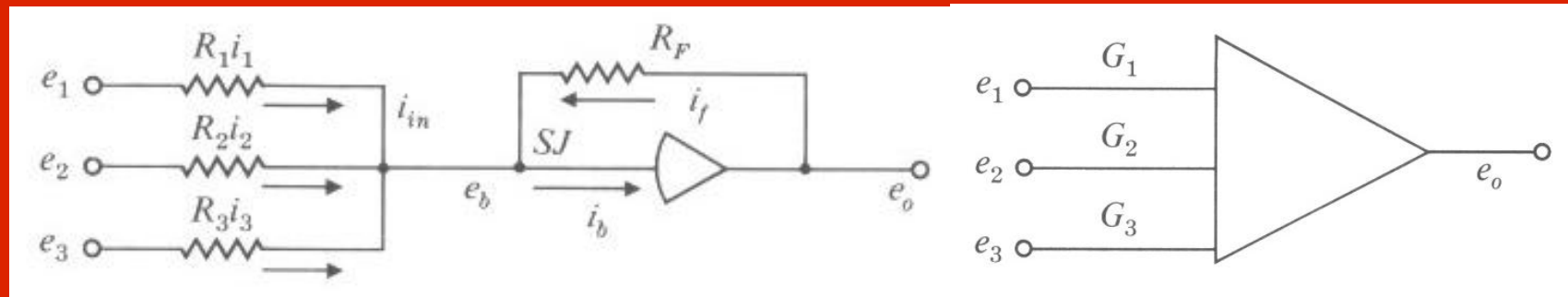
- Luvuilla $[0...1]$ kertominen potentiometrillä



- Jännitteet säädetään POT SET-moodissa

Yhteenlasku

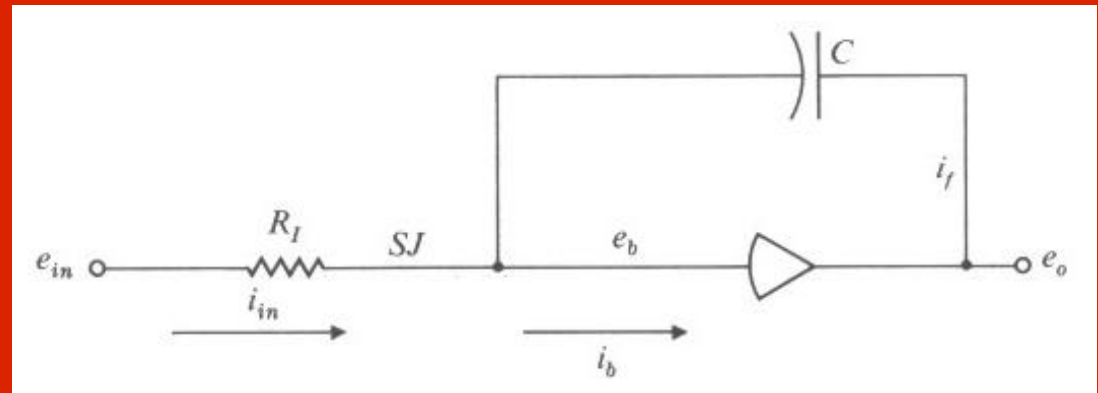
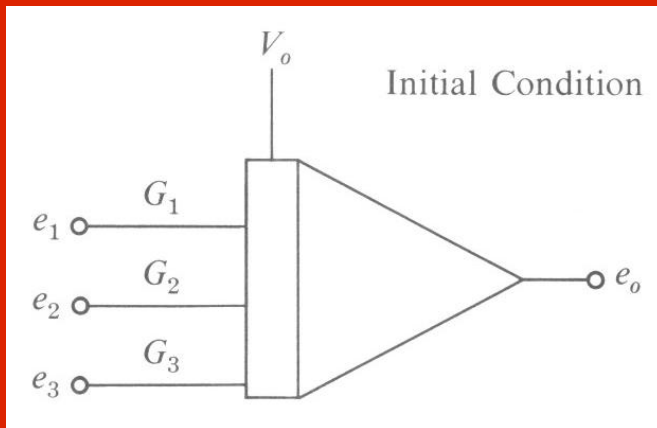
- Yhteenlasku ja yhtä suuremmilla vakiolla kertominen suoritetaan tyypillisesti samalla piirillä



- Sisääntuloista osaa on tyypillisesti painotettu eri vakioilla

Integrointi

- Integrointipiirissä tavallisesti myös summausvahvistin



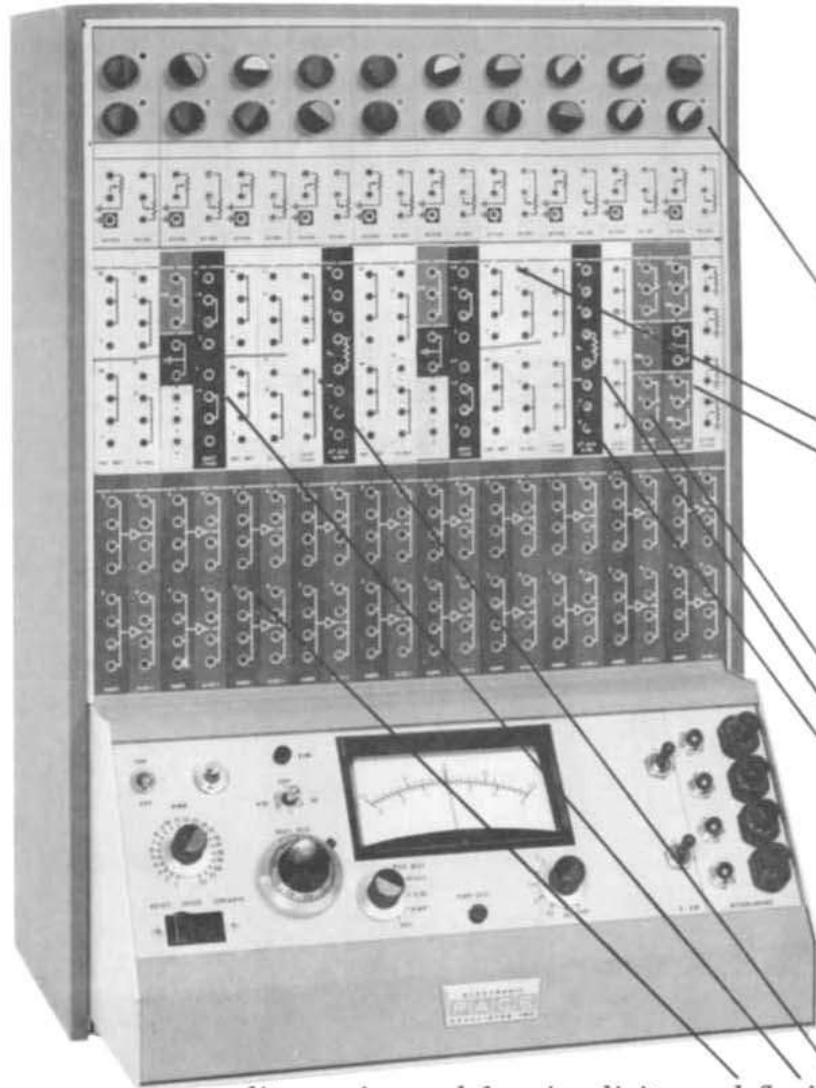
*Interchangeable, plug-in components add flexibility,
make expansion easy*

ATTENUATOR
ROW

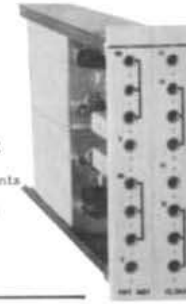
NON-LINEAR
ROW

AMPLIFIER
ROW

CONTROL
PANEL



**COEFFICIENT
SETTING
POTENTIOMETERS**
for inserting
equation coefficients
or problem
parameters into
computer.



**INTEGRATOR
NETWORKS**
enable operational
amplifiers to
perform
integration.



**FUNCTION
SWITCHES**
provide for
manually
interchanging
components
without
reprogramming or
repatching.



COMPARATORS
compare a variable
input voltage to an
arbitrary bias
voltage and cause a
switching operation
to be performed.



**FUNCTION
GENERATORS**
electronically
generate analytic,
as well as
arbitrary
functions of one
variable.



**REFERENCE
PANEL**
makes available
accurate reference
voltages required
for problem
solution.



**TIE POINT
PANELS**
provide additional
patch panel
terminations for
components inputs
or outputs.



MULTIPLIERS
electronically
multiply two
variables of
either sign.



**OPERATIONAL
AMPLIFIERS**
are high-gain,
low-drift,
chopper-stabilized
DC amplifiers used
for addition,
subtraction,
integration and
inversion. With
other components,
they also perform a
variety of
non-linear
operations.

PACE® TR-10 *quality engineered for simplicity and flexibility*

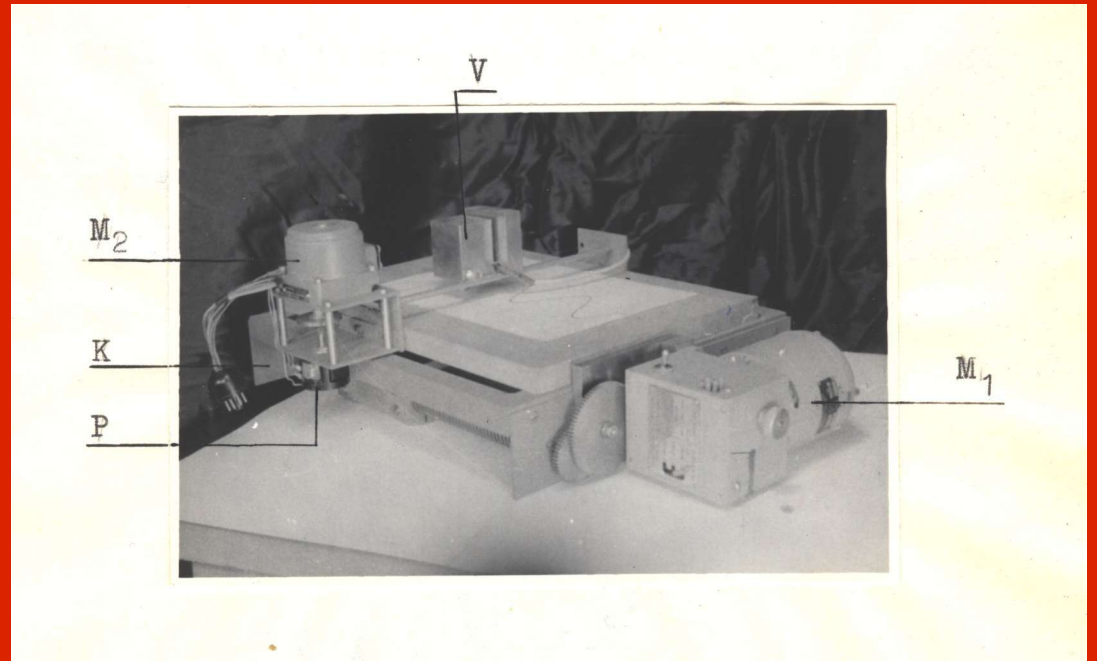
- Plug-in components may be replaced easily and quickly for expansion or servicing.
- Non-linear components fit most non-linear row positions. Number of configurations is limited only by the number of components kept on hand.
- Basic Computer is pre-wired and can be expanded simply by plugging in desired components — no additional wiring necessary.
- Draws less power than 60 watt bulb. Operates from 115V, 60 cycle outlet.
Bus bar power distribution eliminates complex cabling and simplifies maintenance.
- Solid state design — instant warm-up — no cooling problems.
- Human engineered control panel is inclined for easy, finger-tip control.
- Push button potentiometer readout system speeds set up — reduces errors.
- Built-in null voltmeter provides direct reading or precision null reading.
- Color coded patching modules and accessories promote programming efficiency.

Toimintatilat

- Pot Set
- Reset
- Hold
- Operate

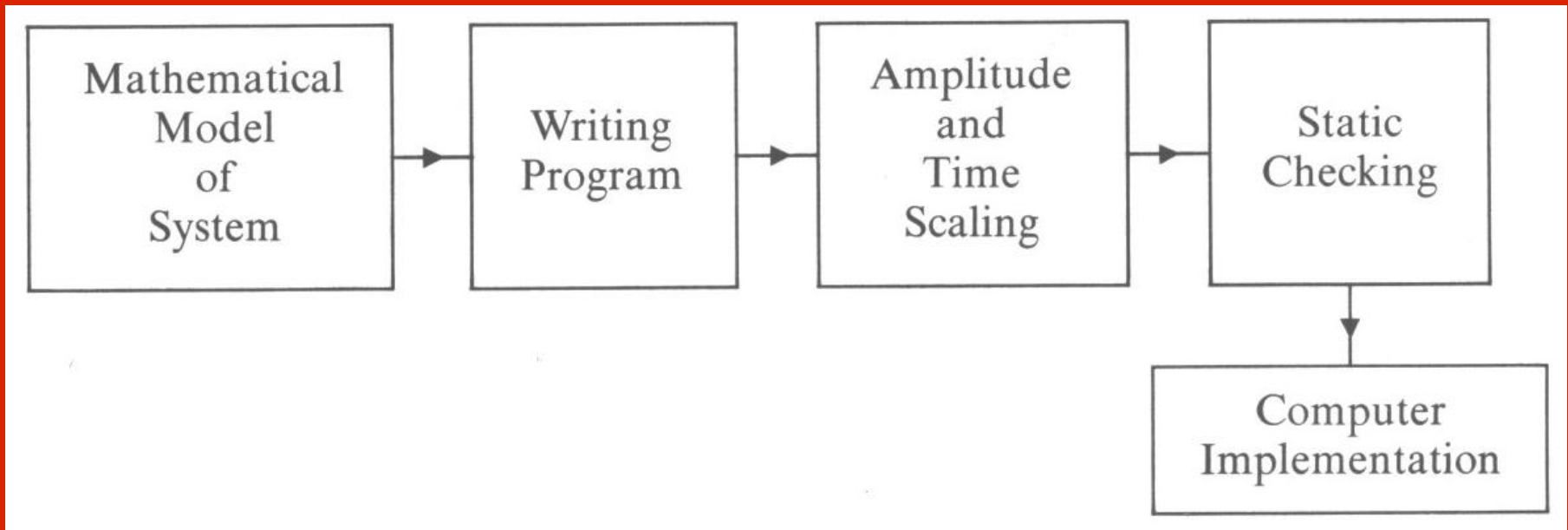
Tulostus

- X-Y-plotteri
- Oskilloskooppi



[Car54]

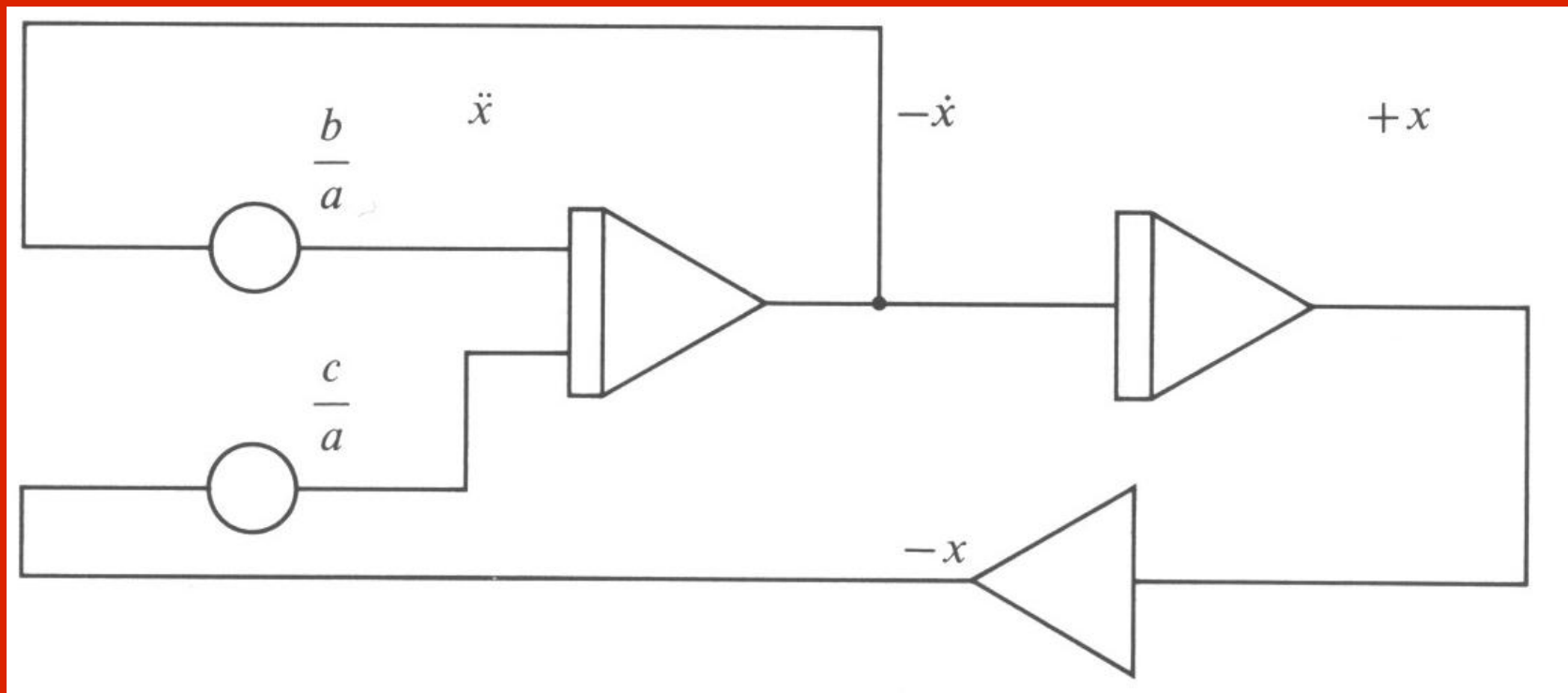
Ohjelmointi



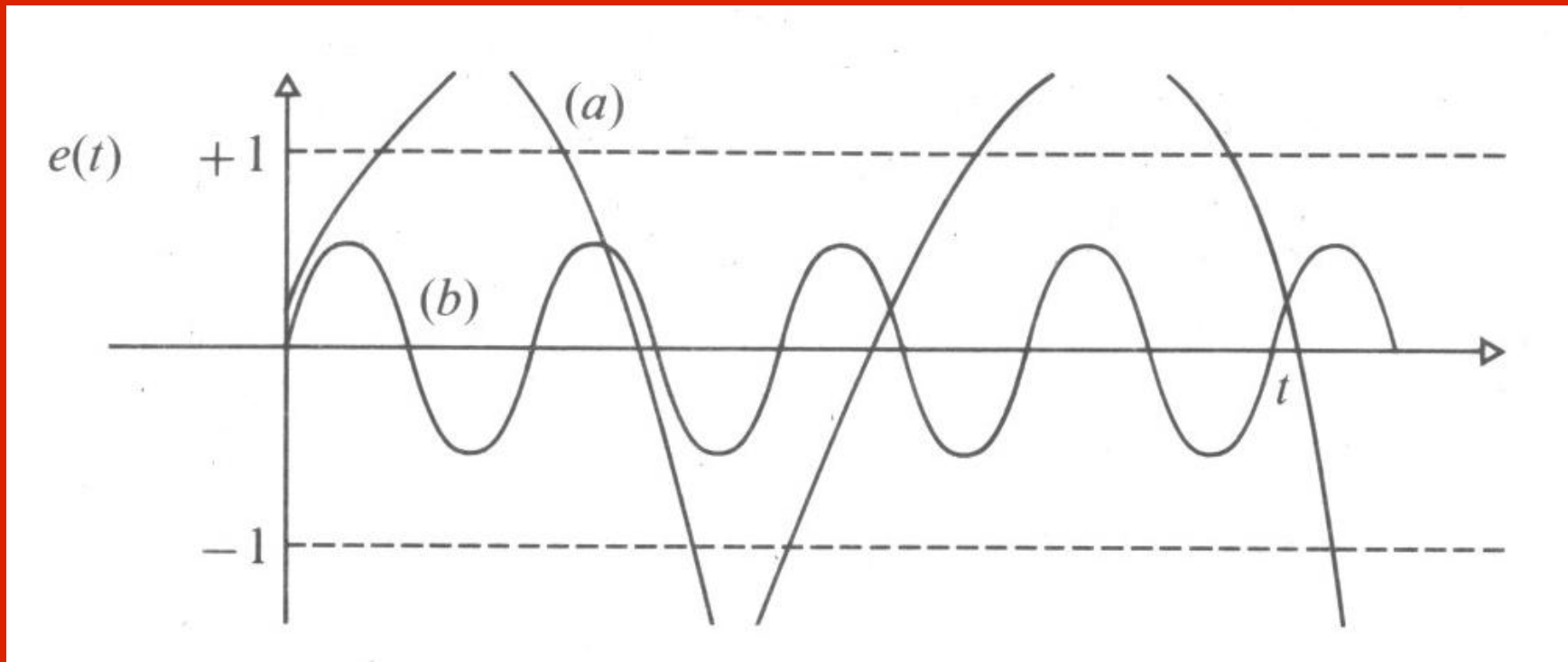
Ohjelmakaavion laatiminen

- Bootstrap-menetelmä
 - Muodosta systeemistä differentiaaliyhtälö
 - Ratkaise yhtälö sen korkeimman derivaatan suhteen
 - Integroi derivaatat
 - Sulje luuppi

Jousi-massa-vaimennin

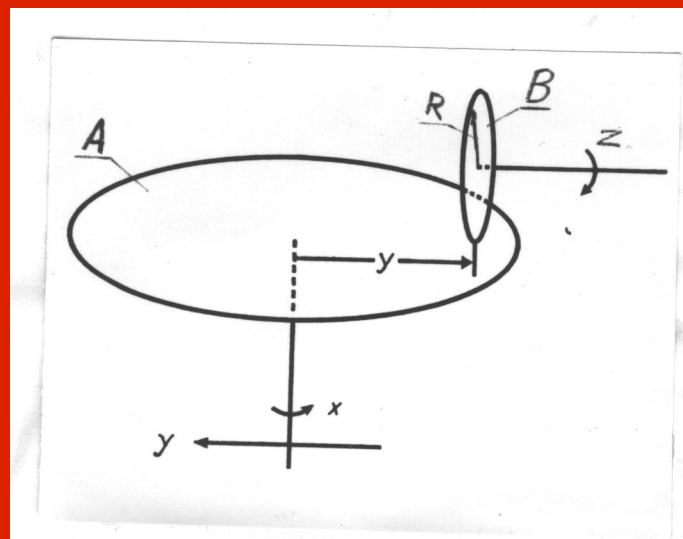


Aika- ja amplitudiskaalaus



Historiaa

- Mekaanisia ja graafisia analogialaskimia:
 - Laskutikku (1600-luvun alussa)
 - Vannevar Buschin (1890-1974)
differentiaalianalysaattori (1927)



[Car54]

Historiaa

- Yleiskäyttöisen elektronisen analogialaskimen kehittäminen alkoi toisen maailmansodan aikana
- Aluksi hitaan tyypin koneet yleisimpiä
 - REAC, PACE, EASE, GEDA
- Samanaikaisesti toistavia koneita
 - George A. Phillbrick Research Inc.
 - G.P.S. Instrument Inc. ja Computer System Inc.

Historiaa

- Hybridijärjestelmät
 - Aluksi digitaalisia piirejä mukaan laitekoonpanoihin
 - Lopulta digitaalikoneilla ohjattiin analogiakonetta

Analogiakoneita Suomessa

- TKK:n teknillisen fysiikan oppiaineessa (1953)
- Helsingin yliopiston Ydinfysiikan laitoksella (1963)
- TKK:n systeemiteorian ja säätötekniikan laboratoriollla (1960-70 lukujen vaihde)

Erkki Laurilan kone

- Suomen Akatemian alaiselta Valtion luonnontieteelliseltä toimikunnalta 400 000 markan apurahat vuosina 1952 ja 1953 TKK:n teknillisen fysiikan laitokselle
- Analogiakoneen osia rakensivat useat opiskelijat Laurilan johdolla
 - Tage Carlsson: *En Differentialanalysator* (1954)

Erkki Laurilan kone

Integratorns övriga delar.

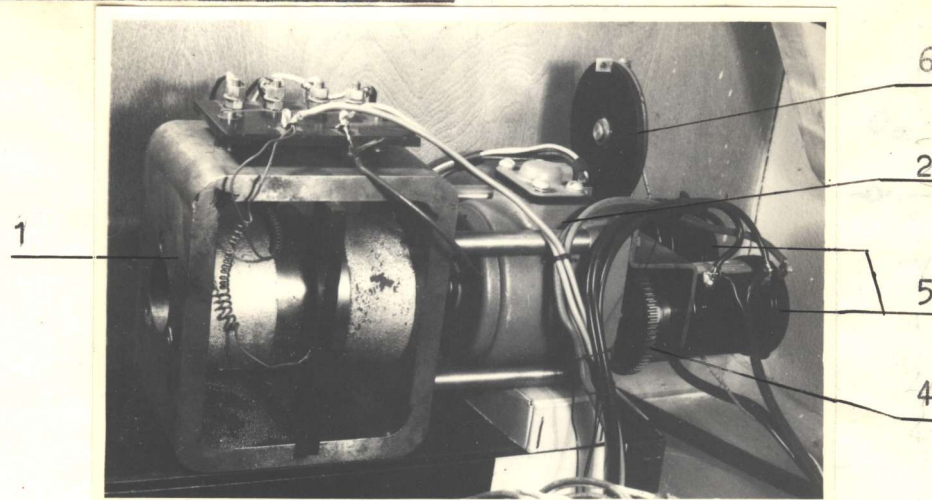
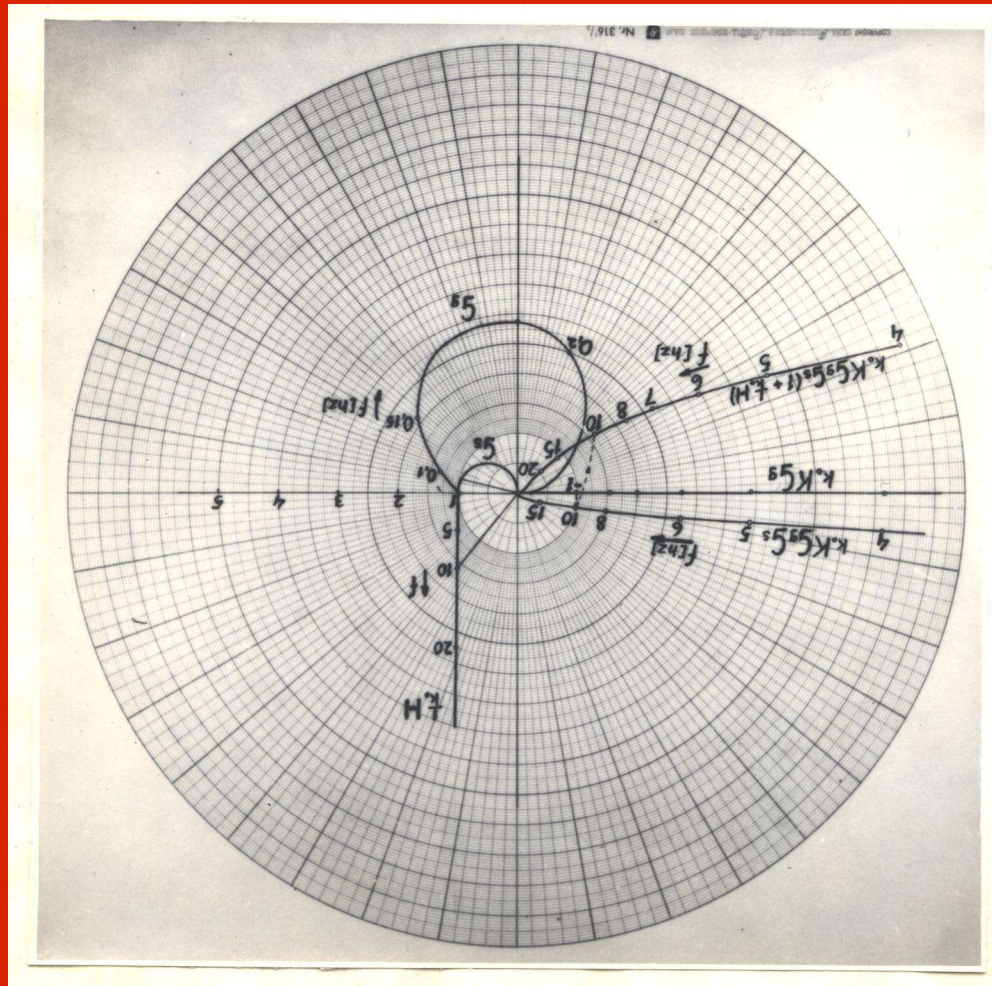


Fig. 19.

Fig. 19 visar integratorns huvuddel.

[Car54]

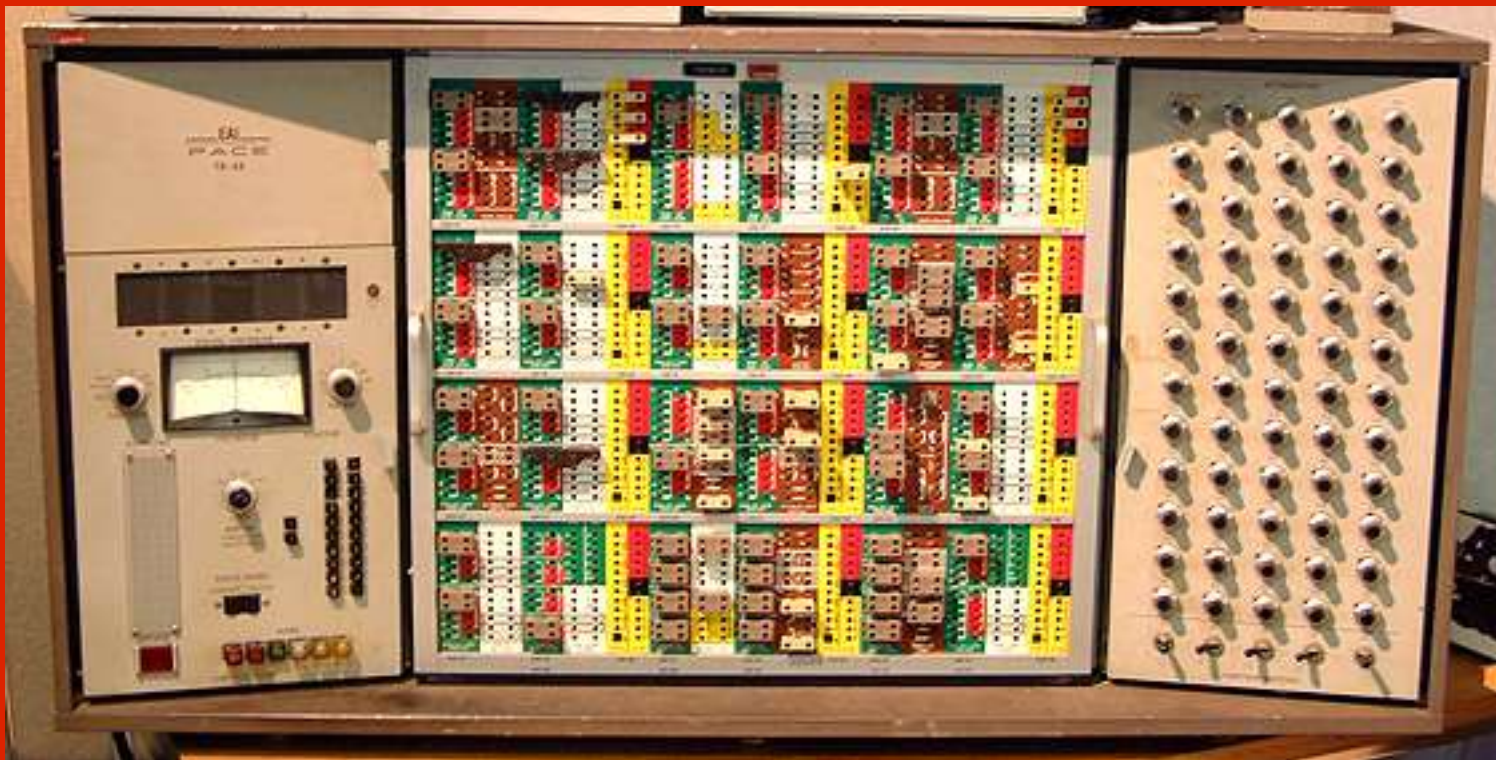
Erkki Laurilan kone



[Car54]

Ydinfysiikan laitoksen kone

- 1963 K. V. Laurikaisen aloitteesta hankittiin laitokselle EAI Pace TR-48

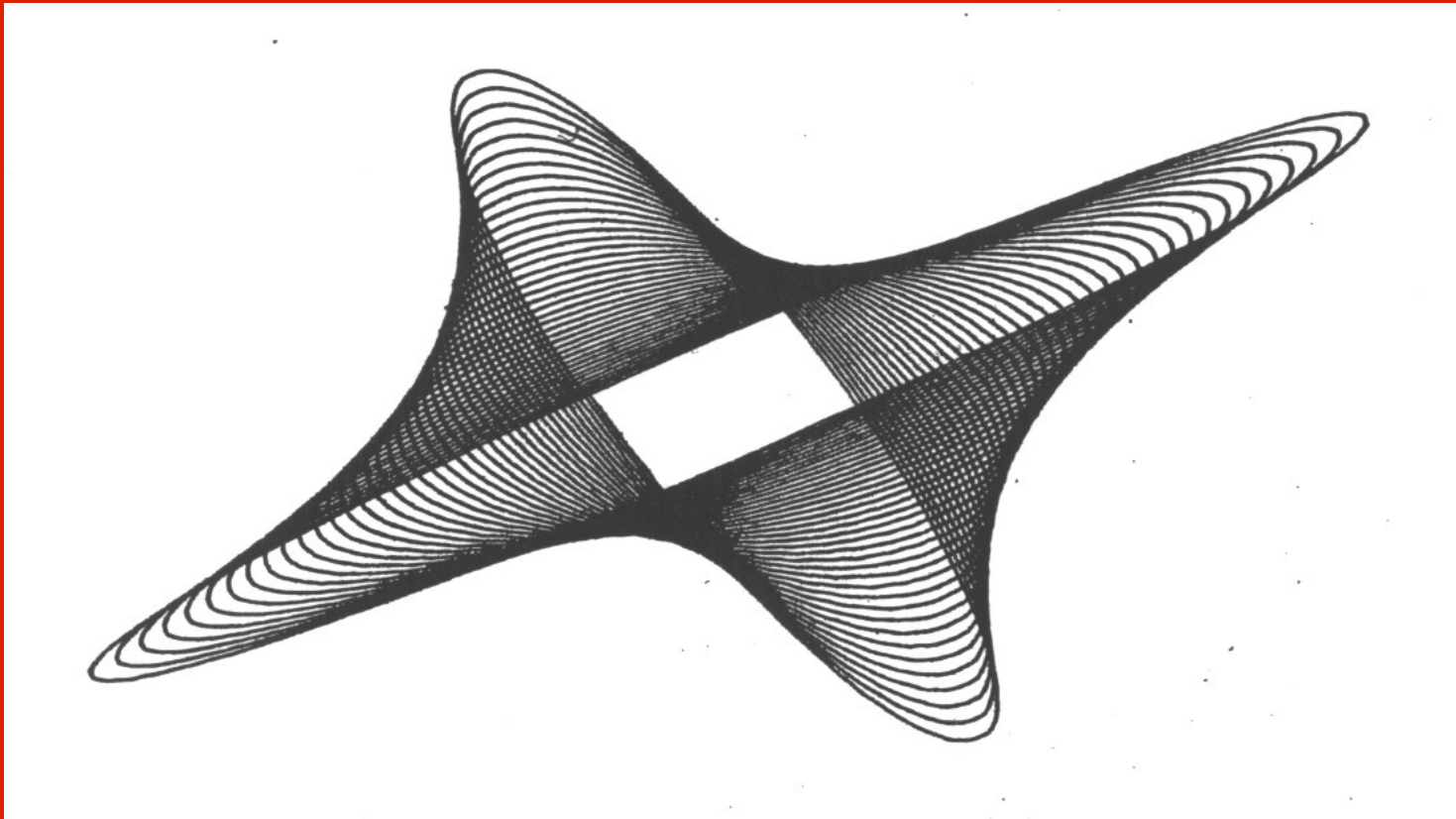


[Cow05]

Ydinfysiikan laitoksen kone

- Juuri yliopistolla opiskelunsa aloittanut Erkki Kurenniemi pestattiin ohjelmoimaan konetta
- Tarkoitus oli laskea erilaisia ydinvoimapotentiaaleja
- Tulokset eivät kuitenkaan tyydyttäneet ja ELLIOT syrjäytti pian analogiakoneen
- Merkittävimpiä projekteja oli Metrojunan radan korkeusprofiilin optimointi

Kokeita analogialaskijalla



[Kur53]

TKK:n EAI 580

- TKK:n systeemiteorian ja säätötekniikan laboratorioden yhteinen kone



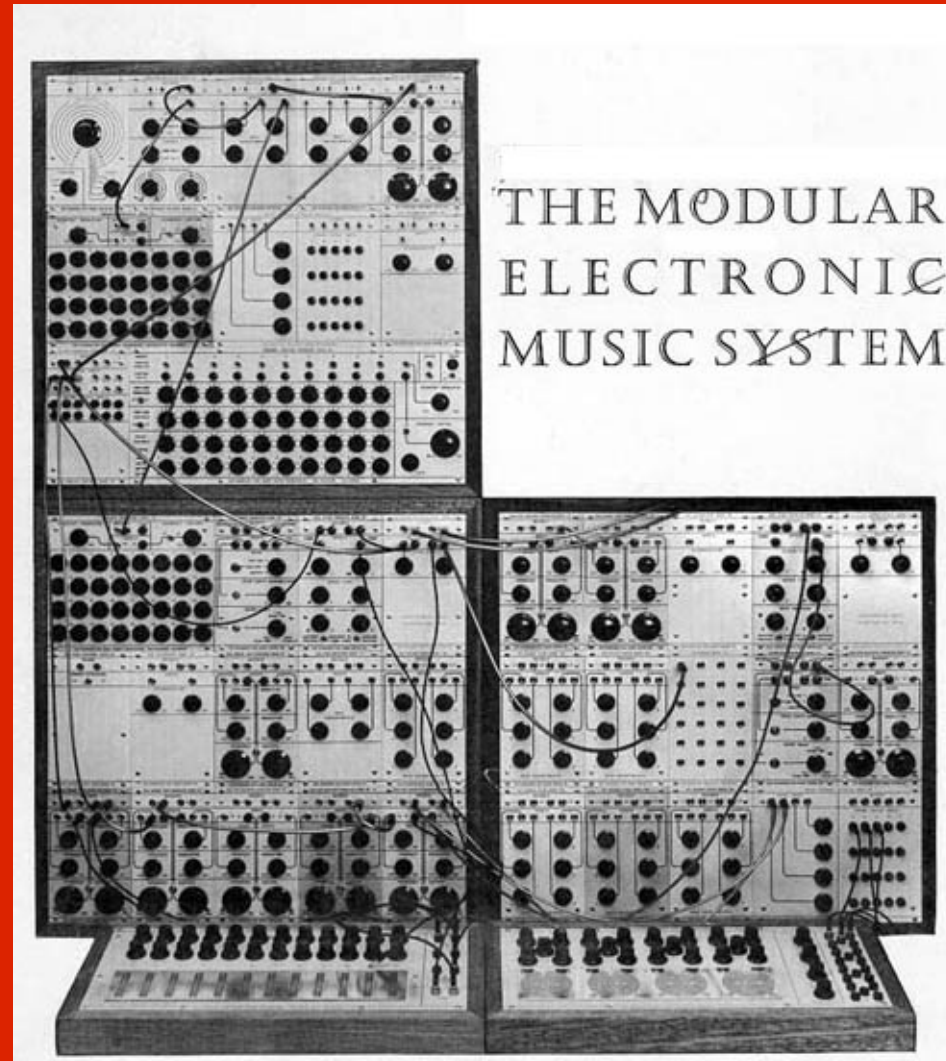
[Shu05]

Yhteenveto

- Analogiakoneet olivat 1950-60-luvuilla suhteellisen tasaarvoinen konetyyppi digitaalikoneiden kanssa
- Laskenta aidosti rinnakkaista ja arvojoukot jatkuvia
- Ohjelmointi on laskentapiirien kytkemistä toisiinsa
- Laskentapiirejä lineaarisia ja epälineaarisia
- Suomessa joitakin analogiakoneita

Analogiset syntetisaattorit

Donald Buchlan
100-sarja (1964)



[Mus05]

Analoginen syntetisaattori

- Äänisynteesiin tarkoitettu analogiatietokone
- Keksittiin 1960-luvun alkupuolella (Robert Moog ja Donald Buchla)

Kuvalähteet

- Car54 Carlsson, Tage 1954: *En Differentialanalysator*.
Diplomarbete. Otaniemi.
- Cow05 Coward, Doug 2005: *Analog Computer Museum and History Center*. <<http://dcoward.best.vhf.net/analog/>>.
Tarkistettu 28.2.2005.
- EAI Electronic Associates Incorporation: Introduction to Analog Computers. *EAI 231R Operation Manual*.
<http://kmt.hku.nl/~hans/pdf_files/introanalogcompu.pdf>.
Tarkistettu 28.2.2005.
- EAIb Electronic Associates Incorporation: *Pace TR-10, Transistorized Analog Computer, Operator's Manual*.
New Jersey.
- Kur63 Kurenniemi, Erkki 1963: Kokeita analogialaskimella.
Teekkari 3-4B/1963.

Kuvalähteet

- Mus05 Music Machines 2005: *Bucha Modular*.
<<http://machines.hyperreal.org/manufacturers/Buchla/Modular/images/Buchla.EMS.jpg>>.
Tarkistettu 28.2.2005.
- Shu05 Shustek, Len 2005: *A Walk Through "Visible Storage"*.
<<http://ed-thelen.org/comp-hist/Shustek/ShustekTour.html#TOC>>. Tarkistettu 28.2.2005.

Loppu

