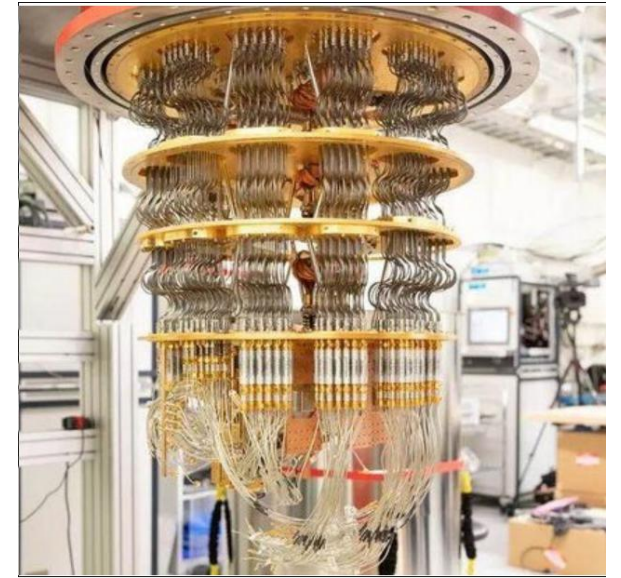
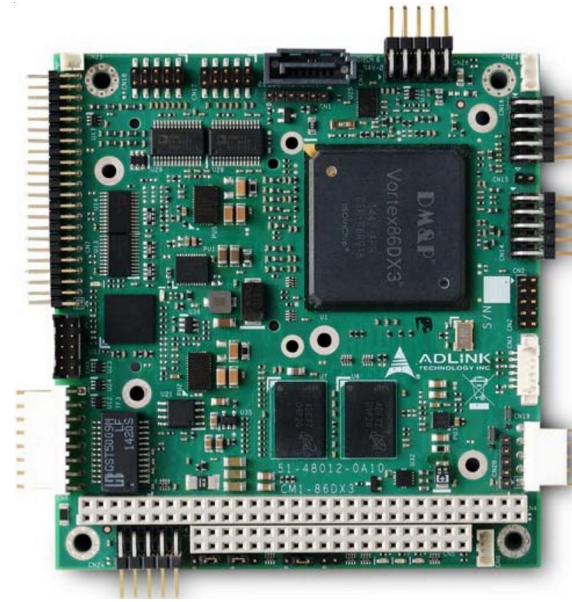
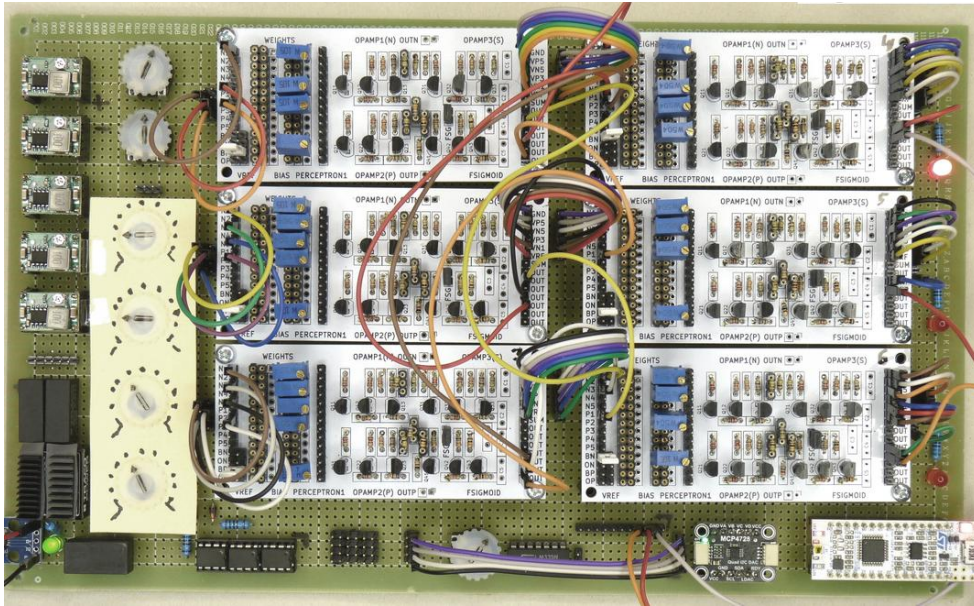


STEFAN BOSSE

Institut für Informatik
Praktische Informatik
Universität Koblenz





Zeitgeschichte

Zurück in die Zukunft?

ANALOGUE / DIGITALE / QUANTENPHYSIKALISCHE COMPUTER - ZURÜCK IN DIE ZUKUNFT?

Stefan Bosse



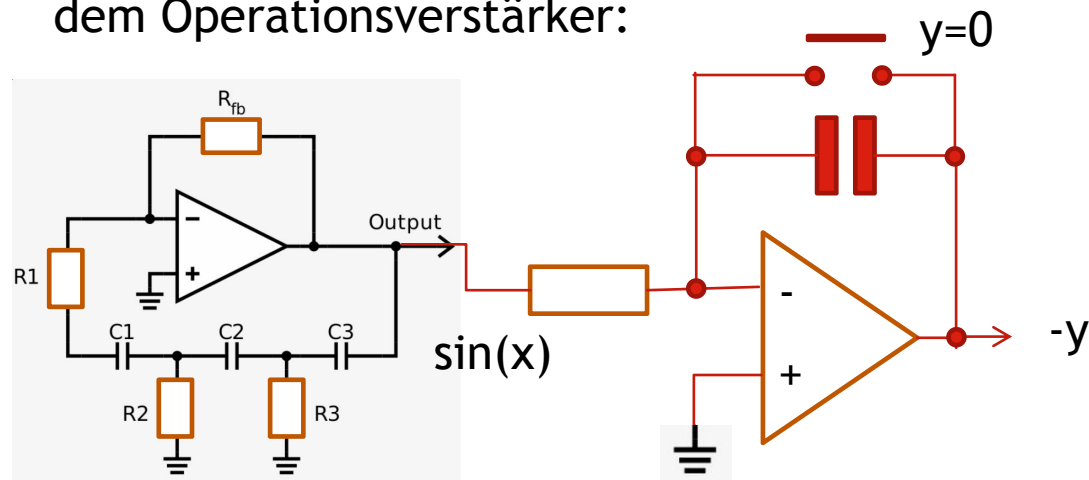
UK university
of koblenz
Computer Science

WIR WOLLEN ETWAS MASCHINELL BERECHNEN. ABER WIE?

Mit Symbolischer Mathematik:

$$y = \int_a^b \sin(x) = -\cos(b) + \cos(a)$$

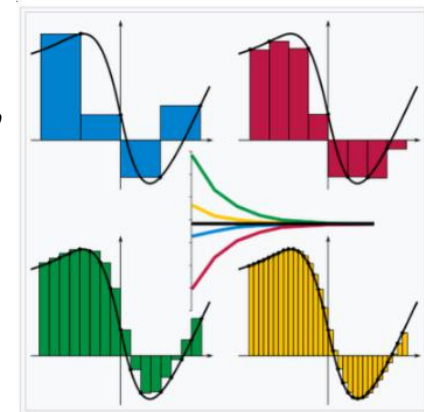
Analog mit einer Elektronikschaltung und dem Operationsverstärker:



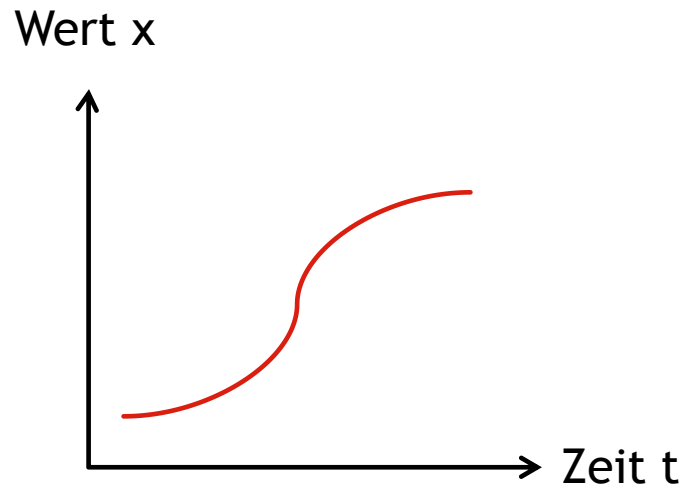
Mit dem Digitalcomputer und einer Programmiersprache:

```
y=0; dx=0.1  
for(x=a;x<=b;x=x+dx) {  
  y=y+sin(x)*dx  
}
```

Mit der Kreismaschine, dem Geo-Dreieck und Taschenrechner und Rechtecken:

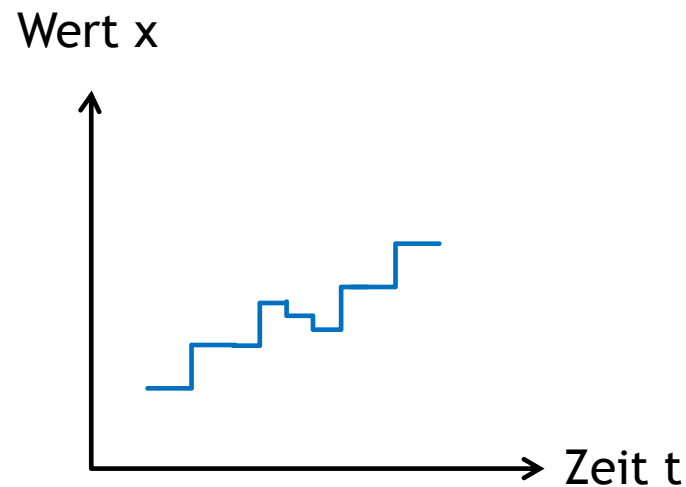


ANALOG - DIGITAL - QUANTENMECHANISCH



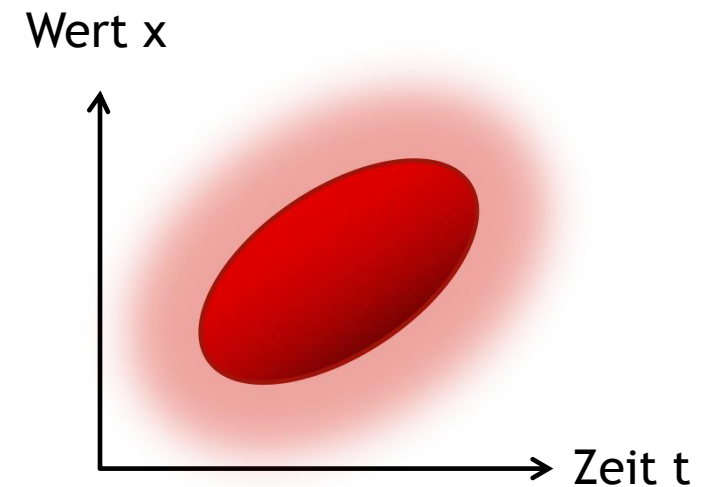
Analog

- Wertkontinuierlich
- Zeitkontinuierlich
- Rauschen



Digital

- Wertdiskret
- Zeitdiskret
- Kein Rauschen



QM

- Wertkontinuierlich
- Zeitkontinuierlich
- Unbestimmt!
- Rauschen

PRÄZISE? GENAU? RICHTIG? ERKLÄRBAR? ECHTZEIT?

Wiederholung
einer Berechnung:
Kommt das
gleiche heraus?

Entspricht das
Ergebnis der
Erwartung?

Präzise+Genau?
Ist alles
konsistent?

Ist das Ergebnis
immer
nachvollziehbar
und erklärbar?

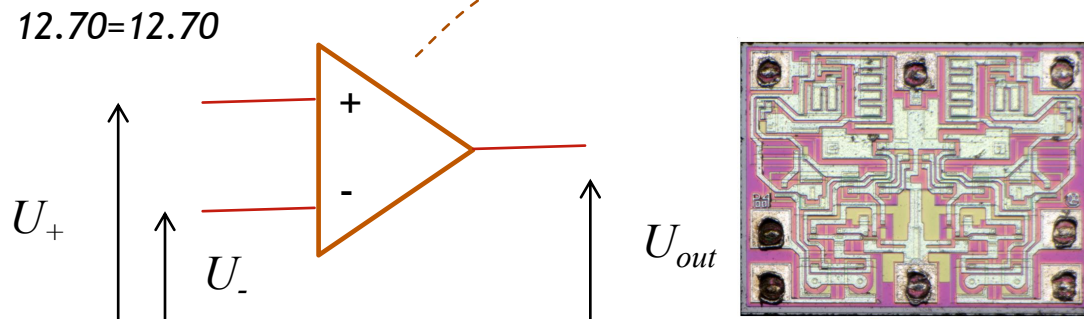
Reagiert die
Berechnung
auf
Änderungen?

Rechner	Präzise	Genau/Exakt	Richtig	Erklärbar	Echtzeit
Analog	+	Real : 0 Math. : ++	+	++	+
Digital	++	Real : -/0/+ Math. : -/0/+	?	0	0
Quanten	--	--	++	--	++

ANALOG - DIGITAL: DIE RECHNER

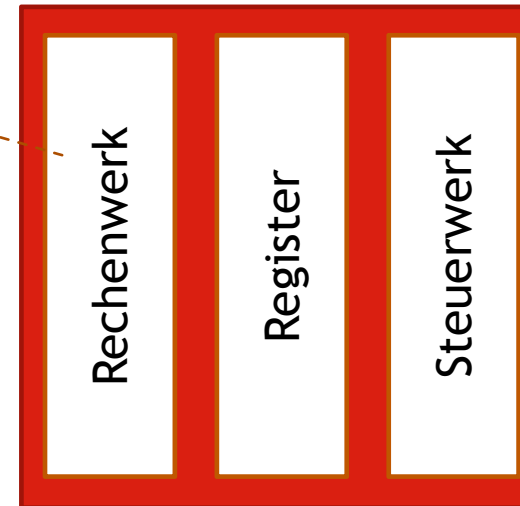
12.70 ::= 01000001010010110011001100110011

Mathematisch: $U_{out} = (U_+ - U_-)V$



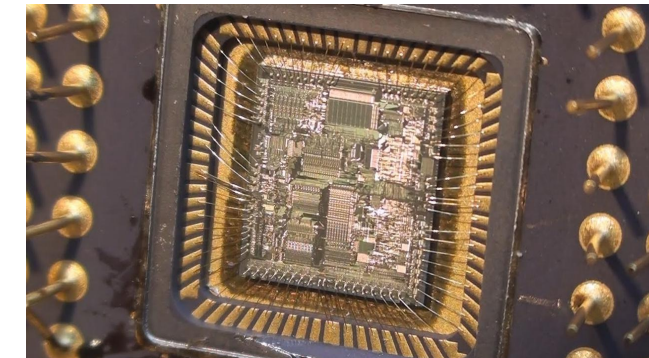
Analog

- Operationsverstärker (Basiszelle)
- Spannungen und Ströme (keine Kod.)
- Zeit- und wertkontinuierlich, Echtzeit
- 10-50 Transistoren

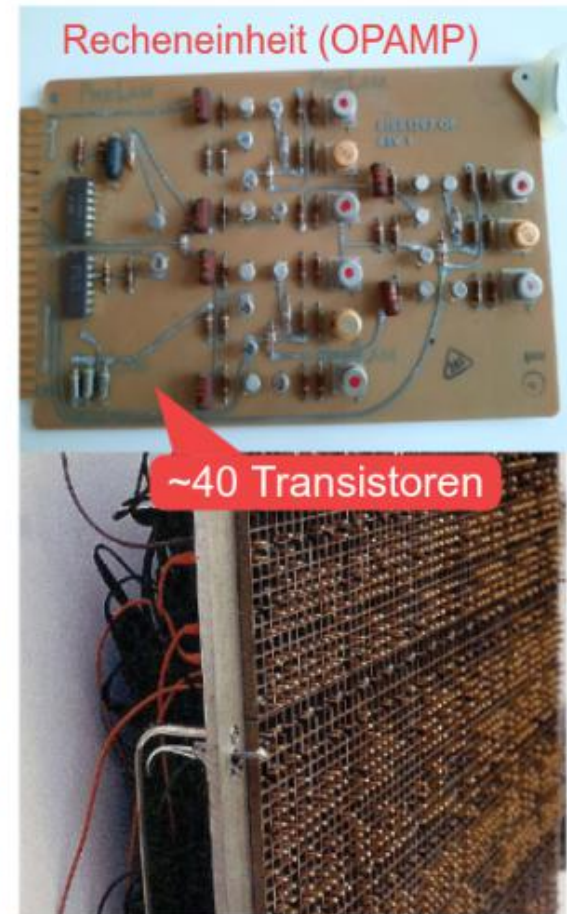
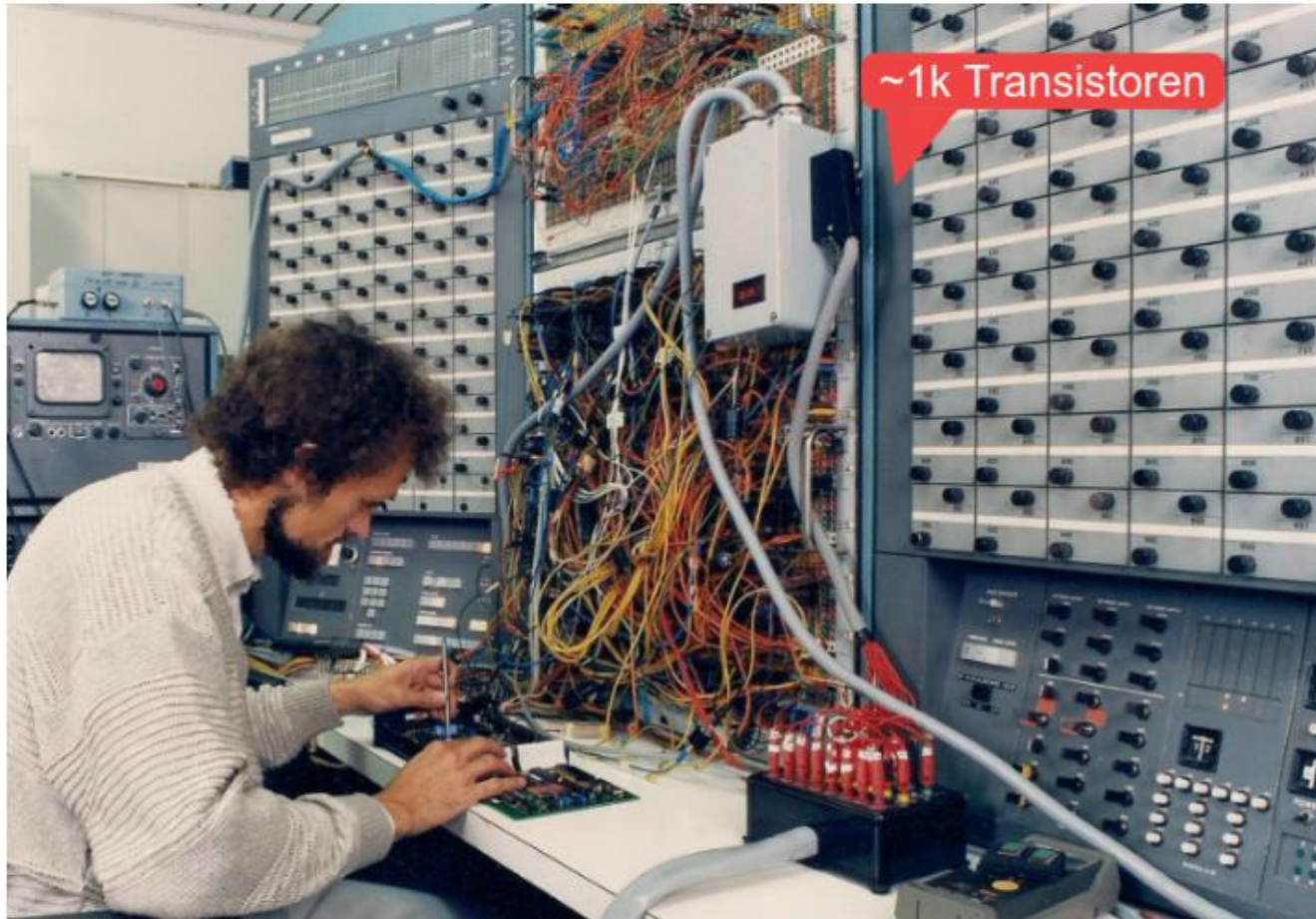


Digital

- Mikroprozessor
- Binärzahlen Kod.
- Digitallogik
- Speicher (Programm + Daten)
- Programmierbar, Diskrete Numerik
- 50000 Transistoren



ANALOG - DIE GLORREICHEN!



ANALOG - DER ROST UND DAS VERGESSEN!



ANALOG - DIE UNVERBESSERLICHEN UND REVIVAL!

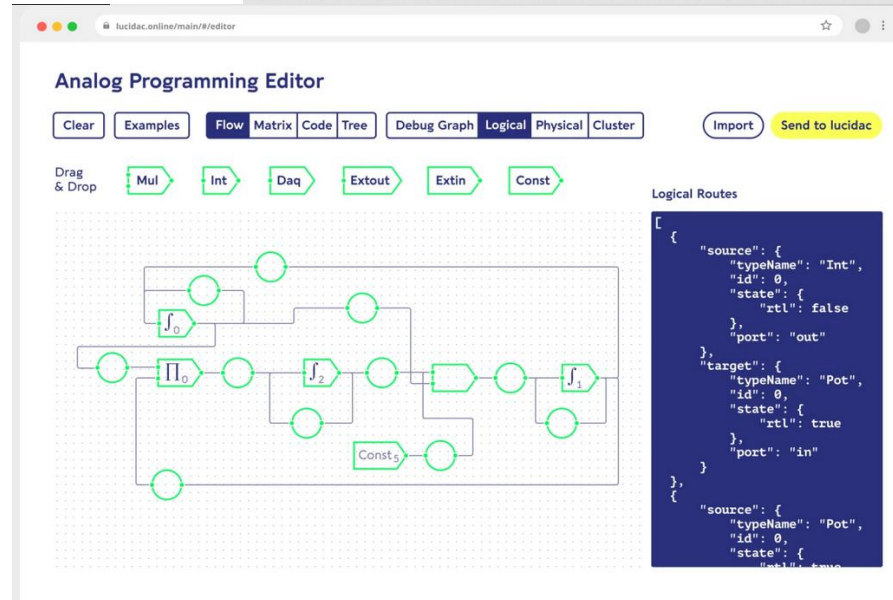
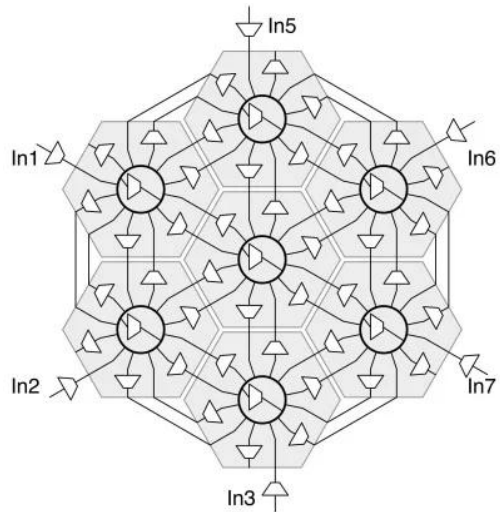
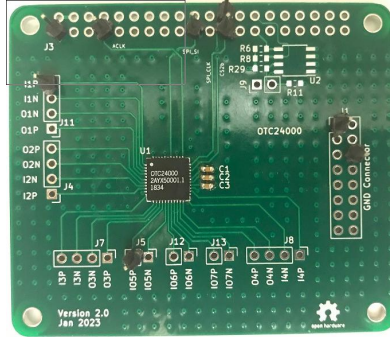
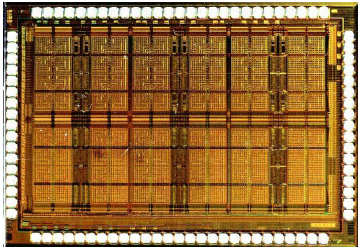


Bernd Ulmann (Anabrid, DLR)

»Es kann nur analog geben. Digital ist unterkomplex und auch nicht menschlich genug.«

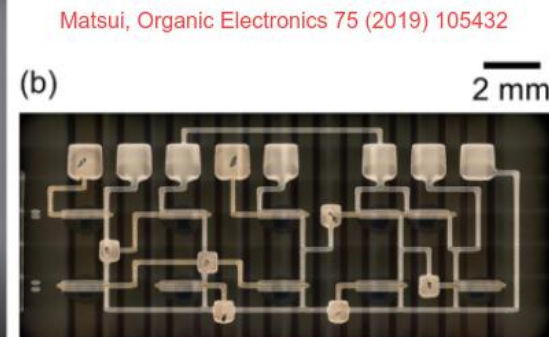
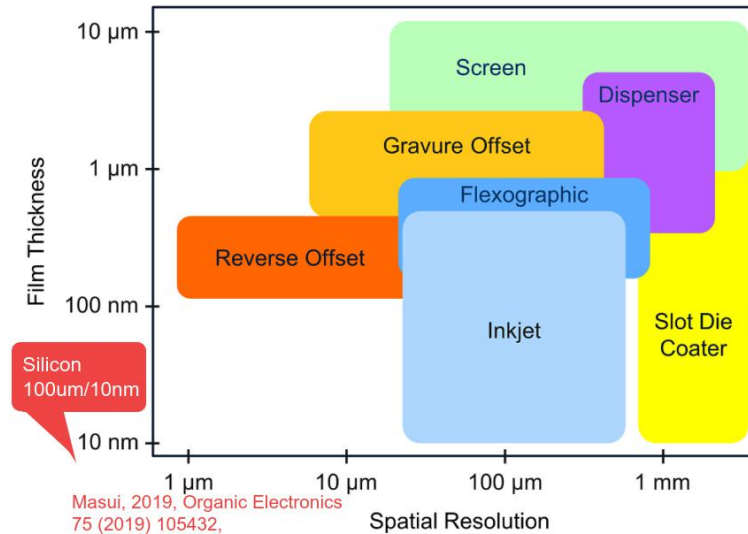
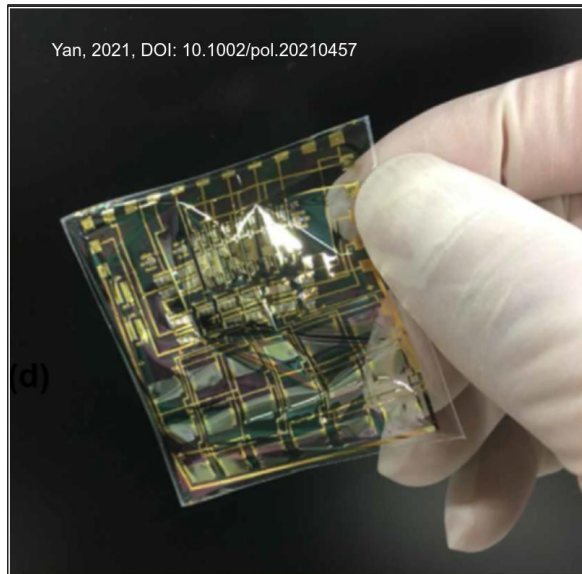
- Modernes Konzept ist Hybrid Rechner: Analog + Digital
- Energieeffizientes Rechnen (bestimmter Probleme)
- Bester Supercomputer der Welt:
 - Digital: xAI's Colossus 280 MW el. Leistung!
 - Analog: 20 W (menschliches Gehirn)

ANALOG - DIE ZUKUNFT MIT DER INFORMATIK!



- Hybrid Rechner: Analog + Digital + Analoger Koprozessor + Continuous-Discrete Computers
- Digital und mit Programmiersprache konfigurierbar (wie GPUs) Field Programmable Analog Arrays
- Vom Kleingerät bis System-on-Chip
- Verschiedene Abstraktionen
 - Mathematische Funktionen (Addierer, Multiplizierer, Integrator ...)
 - Operationsverstärker
 - Zelluläre Systeme
 - Neuronale Systeme
 - Transistorebene

ANALOG - NEUE TECHNOLOGIE: ORGANISCHE ELEKTRONIK



- Silizium Technologie:
 - 1 Milliarde Transistoren / mm^2
 - Reinraum, Fabrik
 - Kosten: 10 Milliarden \$
 - Fertigungsdauer: 1 Jahr
- Organische Elektronik:
 - 1-10 Transistoren / mm^2
 - Drucktechnologie, Normalraum
 - Kosten: Fabrik 10000 \$
 - Beliebige Substrate
 - Folien, Papier, Haut (!)
 - Fertigungsdauer: 1 Tag
 - Sensor + Elektronik

ANALOG - AUTOMATISIERTER ENTWURF VON SCHALTUNGEN

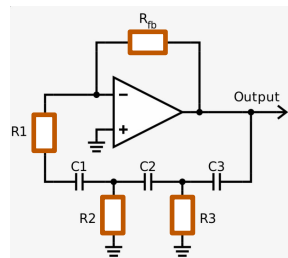
Das analoge Dilemma

Der Entwurf analoger elektronischer Schaltungen ist ein komplexes und schwieriges Entwurfsproblem. Im Vergleich zu seinem digitalen Pendant steckt die analoge Designautomatisierung noch in den Kinderschuhen.

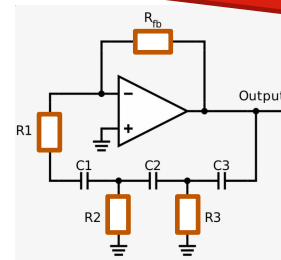
Modell

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Synthese



Parameter



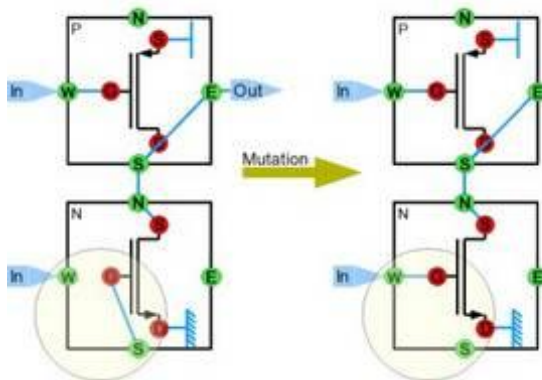
(A)

(B)

- Organische Elektronik, Nachteile:
 - Parameterstreuung
 - Reproduzierbarkeit
 - Alterung (schnell!)
 - Umwelteinflüsse
 - Ungünstige Kennlinien
 - Drift/Veränderung (Zeit)
- Automatischer Entwurf Variante A
 - Input: Mathematisches Berechnungsmodell
 - Output: Schaltung
- Automatischer Entwurf Variante B
 - Input: Mathematisches Berechnungsmodell und Konfigurierbare Schaltung
 - Output: Parametersatz für Schaltung

ANALOG - GENETISCHE ALGORITHMMEN

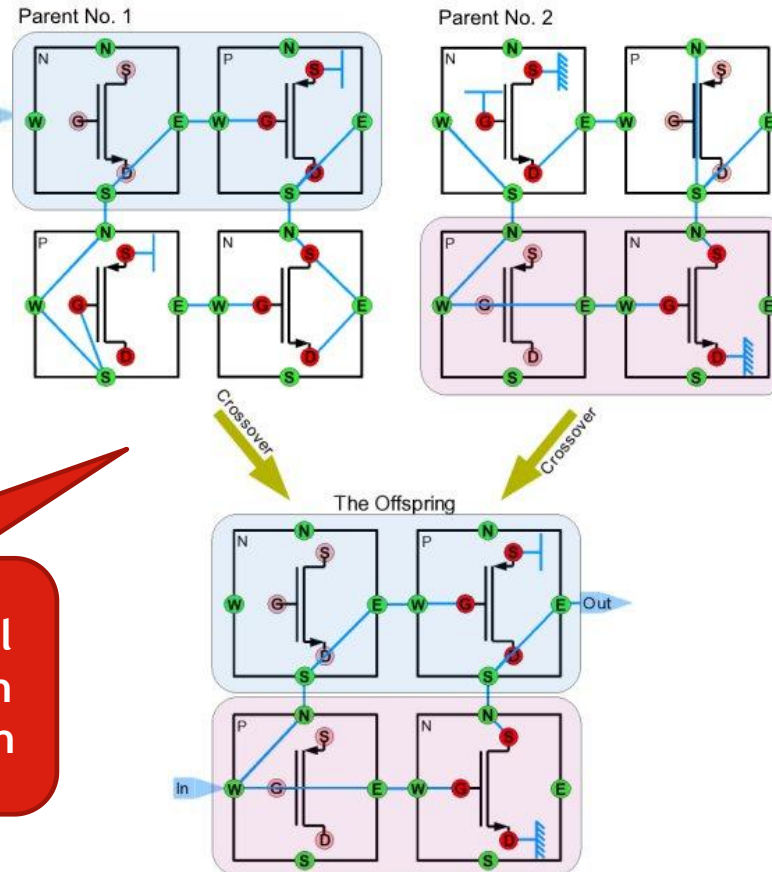
Mutation



The Heidelberg FPTA Project

Mit etwas (Pseudo) Zufall
und einfachen Prinzipien
ein gutes Ergebnis finden

Kreuzung



- Abstraktionsebenen:
 - Entwurf mit symbolischen mathematischen Komponenten (Basiszellenansatz)
 - Entwurf mit elektronischen Bauteilen
- Kodierung von:
 - Verbindungen
 - Bauteilart
 - Bauteilparameter
- Algorithmen:
 - Permutation
 - Kreuzung
 - Auswahl
 - Kombination

DEMO: ANALOGES KÜNSTLICHES NEURONALES NETZWERK



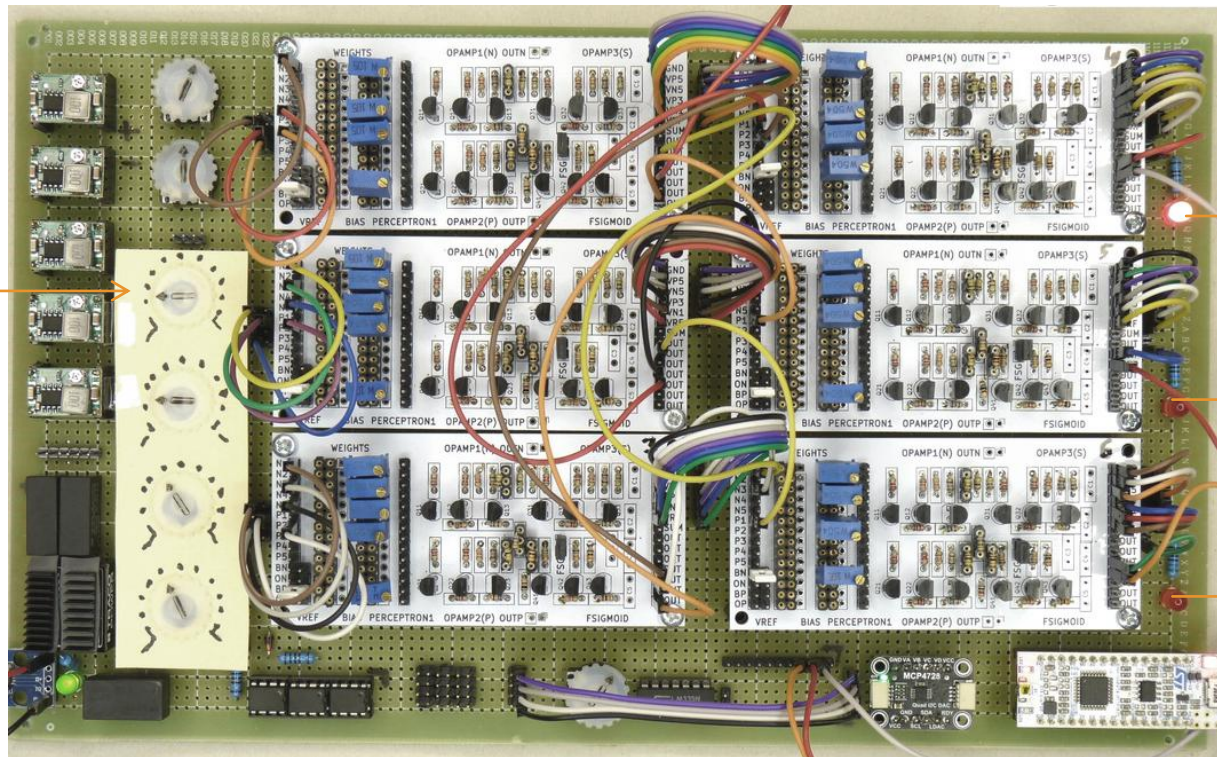
petal sepal



petal sepal



petal sepal



petal sepal

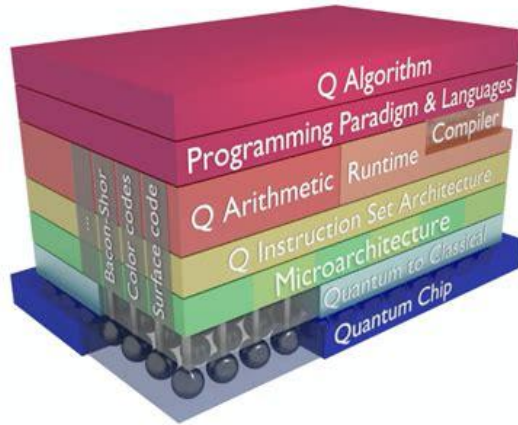
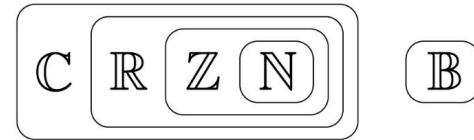


petal sepal

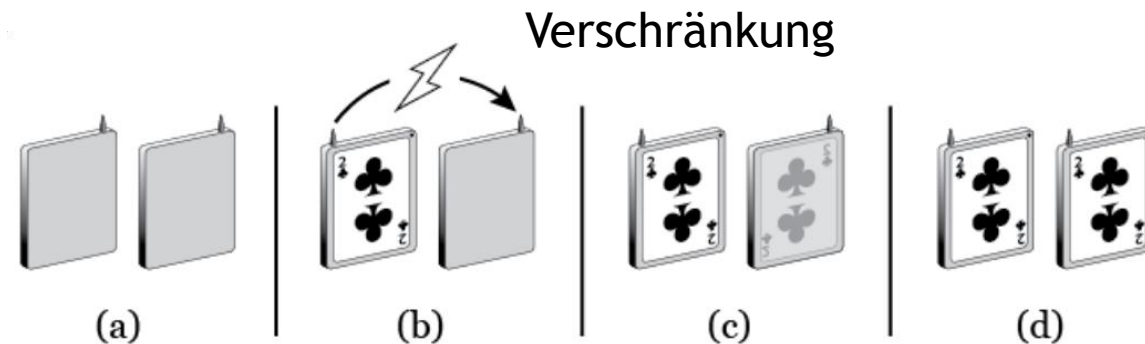
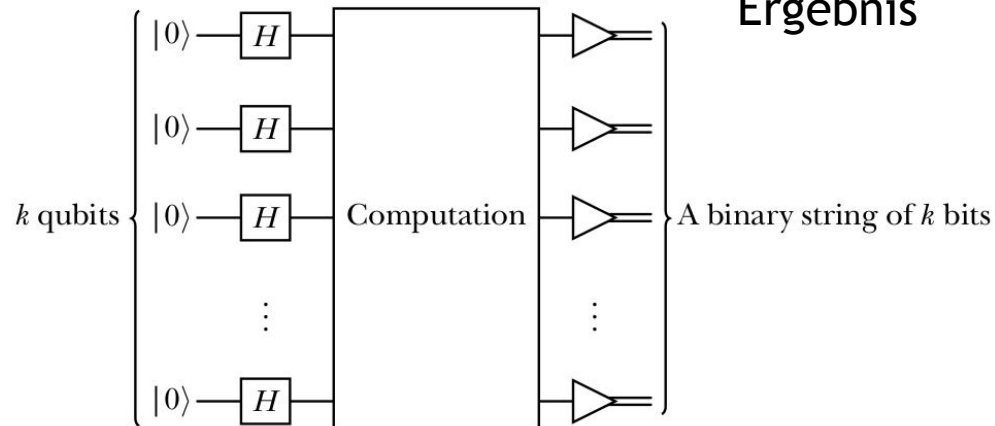
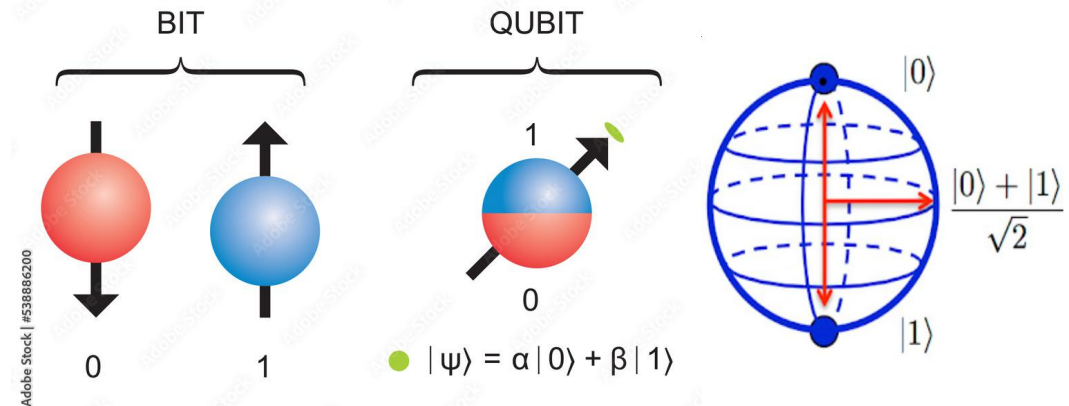


petal sepal

DER QUANTENCOMPUTER: ANALOG ODER DIGITAL?



- Ausnutzung quantenmechanischer Phänomene
- QuBits statt Bits
- Zufälligkeit
- Rauschen!
- Messung vernichtet Ergebnis



THANK YOU

Stefan Bosse

sbosse@uni-koblenz.de

