

Chemisches Analogcomputermodell für einen Bit-Addierer mit Übertrag

Alexander Schmidt

06. Juli 2015

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen
 - Halbaddierer
 - Volladdierer
 - Chemische Analogcomputermodelle

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen
 - Halbaddierer
 - Volladdierer
 - Chemische Analogcomputermodelle
- 2 COPASI
 - Implementierung
 - Problem-Lösung

Inhaltsverzeichnis

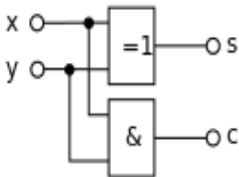
- 1 Grundlagen
 - Halbaddierer
 - Volladdierer
 - Chemische Analogcomputermodelle
- 2 COPASI
 - Implementierung
 - Problem-Lösung
- 3 Ergebnisse
 - Stoffkonzentrationsverläufe I
 - Stoffkonzentrationsverläufe II
 - Stoffkonzentrationsverläufe III
 - Stoffkonzentrationsverläufe IV
 - 3-Bit-Addierwerk

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen
 - Halbaddierer
 - Volladdierer
 - Chemische Analogcomputermodelle
- 2 COPASI
 - Implementierung
 - Problem-Lösung
- 3 Ergebnisse
 - Stoffkonzentrationsverläufe I
 - Stoffkonzentrationsverläufe II
 - Stoffkonzentrationsverläufe III
 - Stoffkonzentrationsverläufe IV
 - 3-Bit-Addierwerk
- 4 Abschluss

Halbaddierer

- zwei Eingänge mit x und y
- zwei Ausgänge mit s und c
- Addition zweier einstelliger Binärzahlen
- Aufbau:
 - AND-Gatter
 - XOR-Gatter



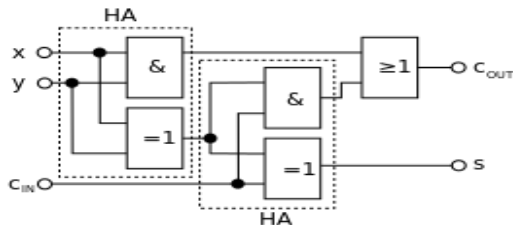
[2]

x	y	s	C_{out}
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

Volladdierer

- In Addierwerken existiert ein zusätzlicher Eingang c_{in}
- Aufbau:
 - zwei Halbaddierer
 - OR-Gatter

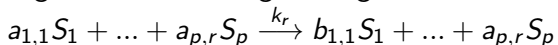
x	y	c_{in}	s	c_{out}
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
0	1	0	1	0
0	0	1	1	0
1	0	1	0	1
0	1	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



[1]

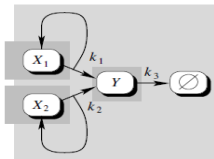
Chemisches Rechnen

- Stoffkonzentrationen S_i entsprechen den booleschen Variablenwerten
- S_i in der Nähe von 0 \rightarrow false
- S_i in der Nähe von 1 \rightarrow true
- mathematische Modellierung der Zeitabhängigkeit der Stoffkonzentrationen, erfolgt mittels Massenwirkungskinetik
 - \rightarrow Differentialgleichungssystem erster Ordnung
 - \rightarrow realisiert mittels COPASI
- allgemeine Reaktionsgleichung:

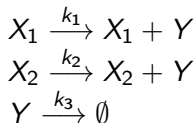


Boolsche Operationen

- Stoffkonzentrationen $S_i \in [0, 1]$ und $x, y, c_{in} \in \{0, 1\}$
- Realisierung des Volladdierers mittels boolescher Operationen:
 - OR $\rightarrow x \vee y = x + y - x \cdot y$
 - AND $\rightarrow x \wedge y = x \cdot y$
 - NOT $\rightarrow \neg x = 1 - x$
- Modell Addition:

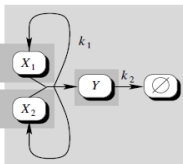


[4]

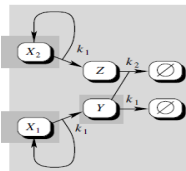


Mathematische Operationen - Modelle

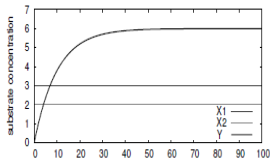
Multiplikation:



Subtraktion:

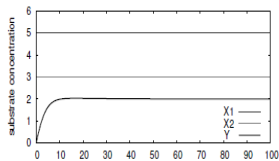


Stoffverlauf Multiplikation:



[4]

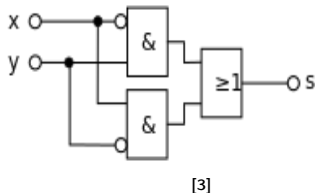
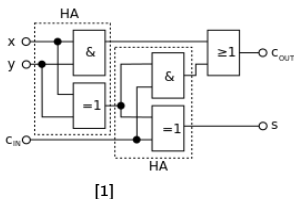
Stoffverlauf: Subtraktion



[4]

Implementierung

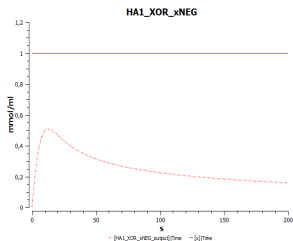
- 6 AND: 1 Spezies, 2 Reaktionen
- 4 NOT: 3 Spezies, 4 Reaktionen
- 3 OR: 4 Spezies, 9 Reaktionen
- Insgesamt:
 - 34 Spezies
 - 55 Reaktionen



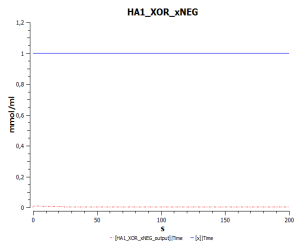
Problem-Lösung

- alle Ratenkonstanten: $k_i = 0.1$
- Subtraktion des Falles 1-1 zeigt nicht das gewünschte Verhalten
- justiere k_i um gewünschte Verhalten zu erreichen

$$k_1 = 0.1, k_2 = 0.1$$



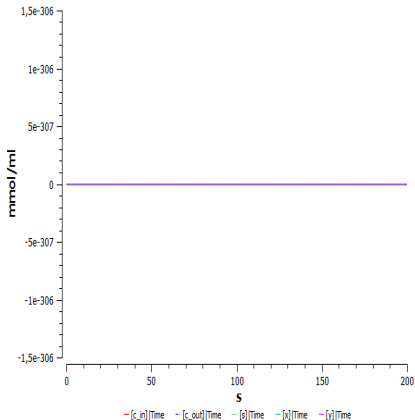
$$k_1 = 0.1, k_2 = 1000$$



Stoffkonzentrationsverläufe I

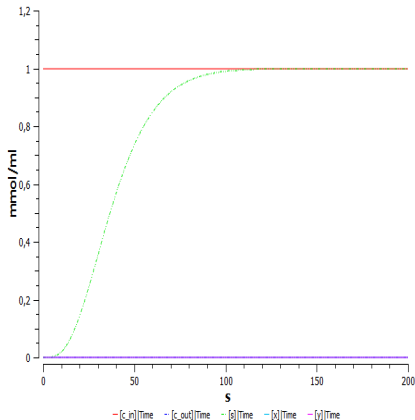
$$(x, y, c_{in}) = (0,0,0)$$

VA



$$(x, y, c_{in}) = (0,0,1)$$

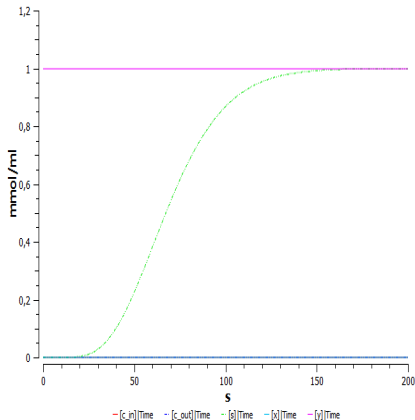
VA



Stoffkonzentrationsverläufe II

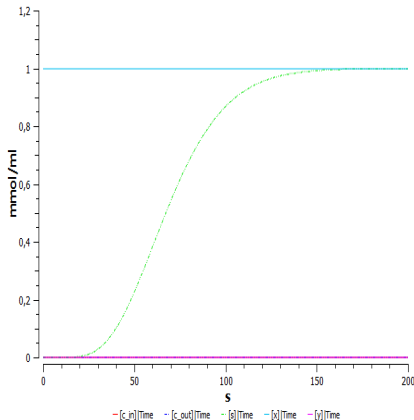
$$(x, y, c_{in}) = (0, 1, 0)$$

VA



$$(x, y, c_{in}) = (1, 0, 0)$$

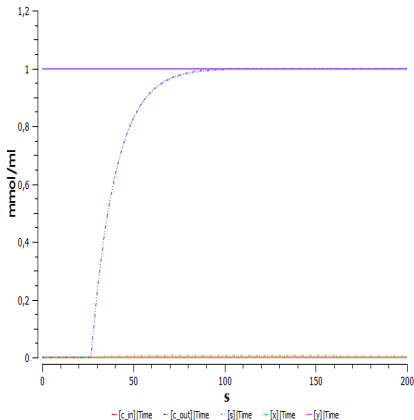
VA



Stoffkonzentrationsverläufe III

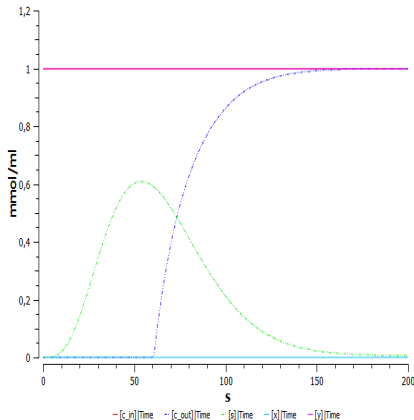
$$(x, y, c_{in}) = (1, 1, 0)$$

VA



$$(x, y, c_{in}) = (0, 1, 1)$$

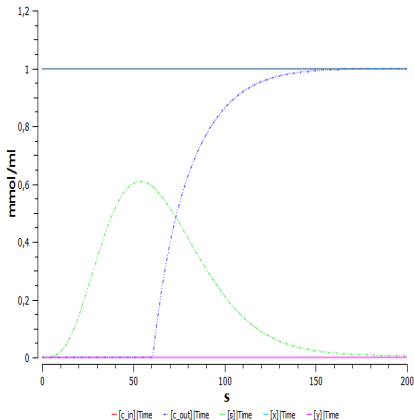
VA



Stoffkonzentrationsverläufe IV

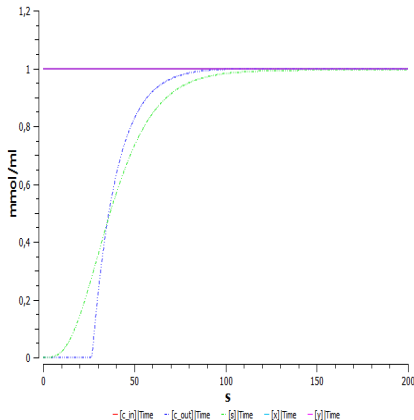
$$(x, y, c_{in}) = (1, 0, 1)$$

VA



$$(x, y, c_{in}) = (1, 1, 1)$$

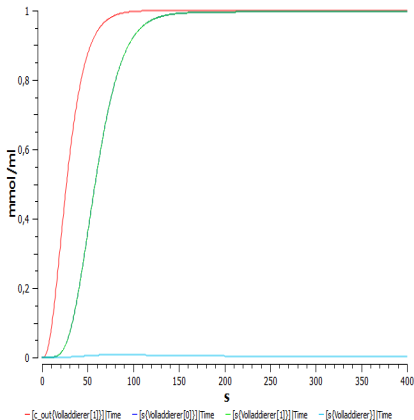
VA



3-Bit-Addierwerk

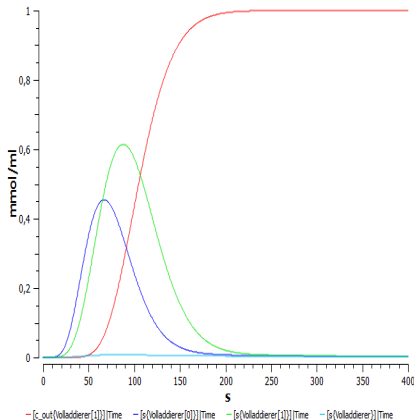
$$x = (1,1,1), y = (1,1,1)$$

3-Bit-Addierer



$$x = (0,0,1), y = (1,1,1)$$

3-Bit-Addierer



Zusammenfassung

- :) Implementierung in COPASI läuft
 - Volladdierer
 - 3-Bit-Addierwerk
- :) Stoffkonzentrationsverläufe entsprechen der Wahrheitswertetabelle eines Volladdierers
- :(kleines Bauteil eines Addierwerkes, aber großer Aufwand
 - 34 Spezies
 - 55 Reaktionen



Quellen

-  <https://de.wikipedia.org/wiki/Volladdierer>
-  <https://de.wikipedia.org/wiki/Halbaddierer>
-  <https://de.wikipedia.org/wiki/XOR-Gatter>
-  Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Thomas Hinze. *Computer der Natur*, 1. Auflage , ISBN: 978-87-403-0378-0

Danke für die Aufmerksamkeit!