

Stellarer Halbaddierer

Beispiel-Praktikumsbericht
Rechnertechnik, Sommersemester 2021

Peter Gerwinski

11. April 2021

Matr.-Nr. 742876
Studiengang: Physik (Diplom, grundständig)

Zusammenfassung

Dieses Projekt beschreibt den Bau eines Halbaddierers auf Grundlage der zeitlichen Entwicklung von Sternen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Grundlagen stellarer Logikschaltungen	2
3	Versuchsaufbau	2
4	Benutzung des Halbaddierers	3
5	Aktueller Stand und Schwierigkeiten	3
6	Ausblick	3

Stand: 11. April 2021

Copyright © 2021 Peter Gerwinski

Lizenz: CC BY-SA (Version 4.0 oder höher) oder GNU GPL (Version 3 oder höher)

Sie können diesen Beispiel-Praktikumsbericht einschließlich L^AT_EX-Quelltext herunterladen unter:
<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/rtech>

1 Einleitung

Der Aufbau von Logik-Schaltungen, zu denen auch der Halbaddierer gehört, erfolgt Stand 2021 üblicherweise auf Basis von Halbleitern in elektrischen Stromkreisen. Dieses Projekt verfolgt einen anderen Ansatz, nämlich die Ausnutzung des Verhaltens von Wasserstoffwolken unter dem Einfluß von Gravitation unter besonderer Berücksichtigung von Supernovae [1].

2 Grundlagen stellarer Logikschaltungen

Hinreichend massereiche interstellare Wasserstoffwolken verdichten sich im Laufe von ca. 10–15 Millionen Jahren unter dem Einfluß der Gravitation so weit, daß Kernfusion einsetzt [2]. Die Wasserstoffwolke wird dann zu einem Stern.

Die weitere Entwicklung des Sterns hängt wesentlich von seiner Masse ab. Laut Wikipedia [3] beträgt die geschätzte Hauptreihen-Lebensdauer τ_{ms} eines Sterns der Masse M

$$\tau_{\text{ms}} = 10^{10} \text{ Jahre} \cdot \left(\frac{M_{\odot}}{M} \right)^{\frac{5}{2}}. \quad (1)$$

(Das Symbol M_{\odot} steht für die Masse der Sonne.)

Dies ergibt für einen Stern mit $M = 6 M_{\odot}$ eine erwartete Lebensdauer von über 100 Millionen Jahren, für einen Stern mit $M = 12 M_{\odot}$ jedoch nur ca. 20 Millionen Jahre.

Hierdurch ist es möglich, eine Exklusiv-Oder-Verknüpfung zu realisieren, die im Halbaddierer das Summen-Bit ermittelt. Wenn wir eine logische 0 durch das Vakuum des Weltraums darstellen und eine logische 1 durch eine Wasserstoffwolke der Masse $M = 6 M_{\odot}$, dann wird sich eine eingeebene 1 nach 65 Millionen Jahren als Stern zeigen eine eingeebene 0 durch Abwesenheit eines Sterns. Hierbei dienen 15 Millionen Jahre der Sternentstehung, so daß dem Stern für seine Hauptreihe 50 Millionen Jahre zur Verfügung stehen.

Sobald an beiden Eingängen eine 1 anliegt, haben wir es mit einer Wasserstoffwolke der Gesamtmasse $M = 12 M_{\odot}$ zu tun. Der daraus entstandene Stern ist nach 65 Millionen Jahren bereits wieder vergangen. Damit ist die Wahrheitstabelle der Exklusiv-Oder-Verknüpfung realisiert. Die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Sterns signalisiert eine logische 1 bzw. 0 am Summen-Ausgang des Halbaddierers.

Zusätzlich zur der Exklusiv-Oder-Verknüpfung benötigt ein Halbaddierer noch eine Und-Verknüpfung zur Ermittlung des Übertrag-Bits. Dieses Bit darf nur dann eine logische 1 haben, wenn gleichzeitig an beiden Eingängen eine logische 1 anliegt, im Falle des stellaren Halbaddierers also nur nach Einspeisung von zwei Wasserstoffwolken zu jeweils $6 M_{\odot}$, also insgesamt $12 M_{\odot}$. Hier nutzen wir aus, daß eine Masse von $12 M_{\odot}$ klar über der Grenze liegt, ab der ein Stern als Supernova endet [1]. Ein Übertrag in der Summe macht sich demnach in Gestalt einer Supernova bemerkbar.

3 Versuchsaufbau

Als Versuchsaufbau eignet sich z. B. ein würfelförmiger Behälter von 1 Lichtjahr Kantenlänge mit zwei Wasserstoff-Einlaßventilen für die beiden Eingänge des Halbaddierers. (Abbildungen werden nachgereicht.)

Die Detektion, ob nach 65 Millionen Jahren ein Stern entstanden und noch nicht vergangen ist, kann mit Hilfe eines Fototransistors erfolgen. Alternativ läßt sich das Gehäuse auch mit einem Fenster ausstatten, das eine visuelle Überprüfung der Anwesenheit eines Sterns ermöglicht.

Für die Detektion, ob während der Verarbeitungszeit eine Supernova stattgefunden hat, ist der Aufwand höher. Eine Möglichkeit besteht darin, einen Gasriesen an der Gehäusewand zu befestigen. (Aufgrund seiner Schwerkraft sollte er von selbst an der Wand haften.) Ist nach 65 Millionen Jahren der Gasriese noch vorhanden, hat keine Supernova-Explosion stattgefunden. Ist er hingegen verschwunden, hat eine Supernova-Explosion stattgefunden und den Gasriesen zerstört.

4 Benutzung des Halbaddierers

Rechenvorgang:

- Eingänge: An jedem der beiden Eingangsventile steht das Einspeisen von $6 M_{\odot}$ Wasserstoff für eine logische 1. Ansonsten liegt an dem jeweiligen Eingang eine logische 0 vor.
- Nach dem Anlegen der Eingangs-Bits starten die Rechenoperationen von selbst. Nach ca. 65 Millionen Jahren ist das Ergebnis der Rechnung an den Ausgängen ablesbar.
- Summen-Ausgang: Die Anwesenheit eines Sterns signalisiert eine logische 1 am Summen-Ausgang des Halbaddierers, die Abwesenheit eines Sterns eine logische 0.
- Übertrag-Ausgang: Die Anwesenheit des an der Gehäusewand angebrachten Gasriesen signalisiert eine logische 0 für den Übertrag-Ausgang. Ist der Gasriese nicht mehr vorhanden, bedeutet dies eine logische 1 für den Übertrag.

Besonderheiten:

- Nach jeder Benutzung ist eine Reinigung des Halbaddierers erforderlich, insbesondere eine umweltgerechte Entsorgung der entstandenen Sterne und ggf. der Überreste der Supernova, also des Neutronensterns oder des Schwarzen Lochs.
- Bei dem Gasriesen handelt es sich um Verbrauchsmaterial. Nach jeder Anzeige einer 1 auf dem Übertrag-Ausgang ist ein Auswechseln erforderlich.

5 Aktueller Stand und Schwierigkeiten

- Die Herstellung des Gehäuses bereitet aktuell noch Schwierigkeiten, da der von uns verwendete 3d-Drucker nicht für astronomische Dimensionen (1 Lichtjahr Kantenlänge) ausgelegt ist. Es gilt zu prüfen, inwieweit sich auch kleinere Gehäuse eignen.
- Trotz eigentlich erschwinglicher Preise des Verbrauchsmaterials (Wasserstoff) ist ein Betrieb des Halbaddierers wegen des doch sehr hohen Verbrauchs dieses Materials eher unrentabel.
- Grundsätzlich besteht das Problem, daß der Detektor-Gasriese den eingespeisten Wasserstoff anzieht und dadurch selbst zum Stern wird. Dies würde die Ergebnisse verfälschen und ggf. einen Übertrag anzeigen, wo gar keiner stattgefunden hat.
- Die erreichbare Taktfrequenz des Halbaddierers ist mit 1 Rechnung pro 65 Millionen Jahre (ca. 212 Taktzyklen seit dem Urknall) z. Zt. noch nicht konkurrenzfähig gegenüber Logik-Schaltungen auf Basis von Halbleitern (mehrere Milliarden Taktzyklen pro Sekunde).
- Es bestehen Sicherheitsbedenken insbesondere hinsichtlich der Supernova-Explosion. Auch bei der Handhabung des Gasriesen gilt es, geeignete Maßnahmen zum Schutz vor radioaktiver Strahlung zu ergreifen.

Aus den genannten Gründen ist eine Vorführung des funktionsfähigen Halbaddierers zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich.

6 Ausblick

Eine Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeit ist evtl. durch eine Erhöhung des Wasserstoffdurchsatzes möglich, da massereichere Sterne die Hauptreihe schneller durchlaufen. Hierbei ist darauf zu achten, daß sich die Durchlaufzeiten für Sterne der einfachen bzw. doppelten Masse eindeutig genug unterscheiden, um eine klare Auswertung der Exklusiv-Oder-Verknüpfung zu gewährleisten. Allerdings besteht die Möglichkeit, daß es hier eine Obergrenze gibt, da entstehende Sterne den sie umgebenden Wasserstoff durch ihren Sternwind wegdrücken [2].

Literatur

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Supernova>
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stern#Sternentwicklung>
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hauptreihenstern>

Bewertung

- Einleitung: Bitte wenigstens kurz erwähnen, was ein Halbaddierer ist.
- Grundlagen: Ist wirklich klar, daß die Masse des Sterns gleich der Gesamtmasse der Wolke ist? Es könnte ja auch sein, daß der Stern nur einen Teil des Wasserstoffs einsammelt. Ggf. müßten die einzuspeisenden Mengen an Wasserstoff angepaßt werden.
- Abbildungen unbedingt nachreichen – nicht nur für den Versuchsaufbau, sondern auch für die Grundlagen! Dadurch würde auch Gleichung 1 direkt viel anschaulicher.
- Wikipedia ist keine zitierfähige Quelle!
- Das Problem, daß der Gasriese selbst zum Stern wird, ist sehr wahrscheinlich. Aber wird der Gasriese überhaupt benötigt? Eine Supernova, die auf 1 Lichtjahr Entfernung einen Gasriesen zerstört, wird sicherlich genug erkennbare Spuren am Gehäuse hinterlassen.
- Ohne Vorführung des funktionsfähigen Halbaddierers gibt es auch kein Testat. Ausnahmen sind bestenfalls bei besonderer Originalität in Kombination mit Plausibilität möglich.