

Schaltungstechnik SS2017

Projektarbeit

**Simulationsbasierter Entwurf eines A/D – Wandlers nach dem Prinzip
des Integrationsverfahrens**

Sergej Zuyev

26. August 2017

Prof. Dr. Karsten Leitis

Inhaltsverzeichnis

1	Abstrakt	1
2	Methoden	2
2.1	Simulationssoftware	2
2.2	Beurteilung	2
3	Ergebnisse	3
3.1	Idealer Integrator	3
3.2	A/D Wandler mit idealen Komponenten	3
3.2.1	Single-Slope A/D Wandler	3
3.2.2	Dual-Slope A/D Wandler	4
3.3	Analyse der Operationsverstärkermodelle	5
3.4	A/D Wandler mit Modellen realer Komponenten	5
4	Fazit	6
5	Anhang	7

1 Abstrakt

Im Rahmen der Veranstaltung „Elektronik 2 / Schaltungstechnik“ bei Prof. Dr. Leitis wird zur Anerkennung als Prüfungsleistung das Thema „Integrierende Analog-Digital Wandler“ behandelt.

Hierzu werden wesentliche Bestandteile eines single-slope und dual-slope Wandlers mithilfe der Simulationssoftware SIMetrixTMentworfen und untersucht.

Zudem wird das Modell des realen Operationsverstärkers LT1800 des Herstellers Linear Technology Corporation ¹ und RC4558 des Herstellers Texas Instruments² zur weiteren Umsetzung und Untersuchung herangezogen.

¹text

²text

2 Methoden

2.1 Simulationssoftware

Sämtliche Schaltungen wurden der beschleunigten Entwicklung wegen in SIMetrixTM8.00p entworfen, da sich beispielsweise Konvergenzparameter in SIMetrixTM5.60a nicht einstellen ließen, und für die finale Abgabe in SIMetrixTM5.60a lauffähig gemacht.

2.2 Beurteilung

Ausschlaggebende Auswahlkriterien für einen A/D Wandler sind die Abtastrate, Quantisierungsfehler ...

3 Ergebnisse

3.1 Idealer Integrator

Gemäß der Aufgabenstellung wird eine Anstiegsrate von $1V/ms$ gefordert. Hierzu setzen wir die Kapazität fest und berechnen den entsprechenden Widerstand.

Die Ausgangsspannung des Integrators berechnet sich wie folgt:

$$V_c = \frac{1}{C} \int_0^{t_c} \frac{V_{ref}}{R} dt$$

Da $V_{ref} = 1V = const$ vereinfacht sich die obere Gleichung zu

$$V_c = \frac{V_{ref}}{C \cdot R} t_c$$

Nach einer Umformung setzen wir die gewählten Werte ein und erhalten $R = \frac{1V}{100nF \cdot 1V} \cdot 1ms = 10k\Omega$ als den Widerstandswert für den Integrator.

Zudem ist eine weitere Anforderung eine möglichst komplette Idealisierung der in SIMetrixTM eingesetzten parametrisierbaren Operationsverstärker. In der nachfolgenden Tabelle ist eine Zusammenstellung der wichtigsten idealen Parameter aufgelistet.

Eigenschaft	Ideal	SIMetrix TM Version	
		8.00p	5.60a
CMRR	∞	1G	1G
PSRR	∞	1G	1G
Headroom	0	0V	0V
Open-loop gain	∞	1G	1G
Gain bandwidth	∞	1G	1G
Slestrate	∞	1G	1G
In. resistance	∞	1G Ω	1G Ω
Out. resistance	0	0 Ω	100 Ω
In. bias current	0	0A	0A
In. offset voltage	0	0A	0V

Tabelle 3.1: Ideale Parameter der Operationsverstärker

3.2 A/D Wandler mit idealen Komponenten

3.2.1 Single-Slope A/D Wandler

Der Integrator wurde um eine Komparatorstufe erweitert, und die Entladung des Integrators wird nun zyklisch über einen 9-bit Zähler initiiert. Dieser zählt von 0 bis 256, das 9te Bit wird als Overflow-Signal zur Entladung verwendet. Bei Überschneidung der Integrations- und Eingangsspannungen, findet eine Übernahme des Zählerstandes in das

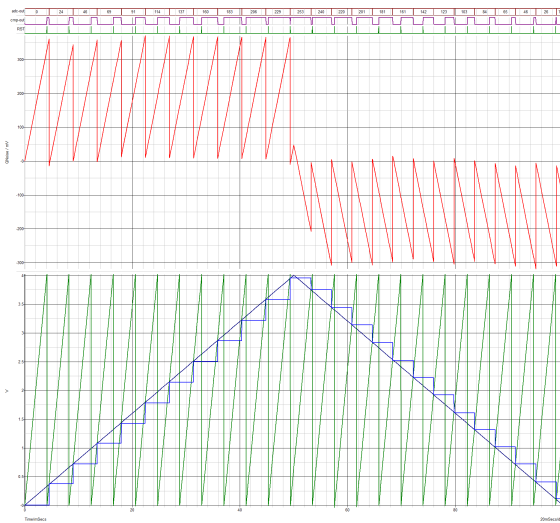


Abbildung 3.1: Single-slope

Ausgangsregister statt.

3.2.2 Dual-Slope A/D Wandler

Der dual-slope Wandler besitzt einen ähnlichen Aufbau wie der oben beschriebene single-slope Wandler. Hier wurde zusätzlich Eingangsmultiplexor verbaut, gefolgt von einem invertierenden Verstärker.

Dem Eingangssignal ist zusätzlich ein $3k\Omega$ Widerstand nachgeschaltet, dadurch agiert der nachfolgende Verstärker als Dämpfer mit einem Verstärkungsfaktor von $\frac{1k\Omega}{3k\Omega+1k\Omega} = \frac{1}{4}$. Dies ist ein notwendiger Schritt, um eine konstante Integrations- und Deintegrationsrate zu gewährleisten.

Der Zähler wurde hierbei von 9bit auf 10bit erweitert, mit einem Wertebereich von 0-512.

Ist das Bit 8 gesetzt, so findet eine Deintegration statt und das Register darf Daten übernehmen. Ist das Bit 9 gesetzt, so wird ein Überlauf signalisiert und der Zyklus beginnt von neu.

Durch eine getrennte Integration der Referenz- und Eingangsspannungen können mögliche Abweichungen durch Toleranzen im Deintegrationsschritt kompensiert werden - auf Kosten der Abtastrate. Dies führt gemäß dem Nyquist-Theorem zur Halbierung der möglichen Eingangsfrequenz. Zudem ist in der graphischen Ausgabe deutlich ein Nachkriechen der quantisierten Ausgangsspannung zu erkennen.

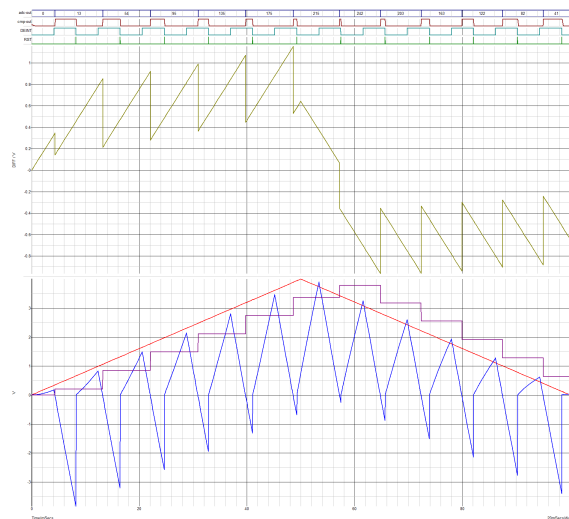


Abbildung 3.2: Dual-slope

3.3 Analyse der Operationsverstärkermodelle

In den Tabellen 3.2 und 3.3 wurden die durch Simulation ermittelten Werte eingetragen. Zudem ist eine Gegenüberstellung zu den typischen Kenndaten aus den herstellerseitigen Datenblättern dargestellt.

Im Falle des RC4558 ergibt sich teilweise eine gute Übereinstimmung zu den Kenndaten, teilweise aber auch eine ernstzunehmende Abweichung, die bei der weiteren Entwicklung berücksichtigt werden muss.

Eigenschaft	Wert	
	Modell	Real
Input offset voltage		$0.5mV$
Input bias current		$150nA$
Voltage swing	$\approx \pm 9.88V$	$\pm 10V$
CMRR	$\approx 85,78dB$	$90dB$
PSRR		—
Slew rate		—
Gain bandwidth		$3MHz$

Tabelle 3.2: LT1800 Parameter

Eigenschaft	Wert	
	Simuliert	Datenblatt
V_{ioff}		$0.5mV$
I_{ibias}	$\approx -139.56nA$	$150 - 800nA$
V_{swing}	$\approx \pm 9.88V$	$\pm 10V$
CMRR	$\approx 85,78dB$	$70 - 90dB$
PSRR+	$\approx 111.51dB$	—
PSRR-	$\approx 128.56dB$	—
SR	$\approx 1.8V$	$1.1 - 1.7V$
GBWP	$\approx 1.784MHz$	$3MHz$

Tabelle 3.3: RC4558 Parameter

Nachweislich überschreitet der Einsatz zweier und mehr Operationsverstärker des Typs LT1800 die Simulationsbeschränkungen, wie der Datei XYZ zu entnehmen ist. Deswegen fiel die Wahl auf den Operationsverstärker RC4558 von Texas Instruments, welcher die Grundlage der weiteren Untersuchungen bildet.

3.4 A/D Wandler mit Modellen realer Komponenten

Leider ist die Anzahl der Analogknoten in der frei erhältlichen SIMetrixTM Version limitiert.

4 Fazit

Der Aufbau behandelt keine Überschreitung der Eingangsspannung. Dies hat ein undefiniertes Verhalten zur Folge. Denkbar wäre es, beim Überlauf des Zählers den Maximalwert zu übernehmen, falls der Komparator keine Überschneidung signalisiert hat.

Den Komparatorausgang direkt als Clock-Eingang für das Register zu verwenden ist gefährlich, da die zu vergleichenden Spannungen durchaus prellen können. Besser wäre es, den Komparator zum Schmitt-Trigger mit einer passenden Hysterese umzuwandeln.

5 Anhang