

Sample & Hold Verstärker in Meßsystemen

White Paper

Mit Sample & Hold-Verstärkern verhält es sich bei digitalisierenden Messgeräten ähnlich wie mit Vitaminen beim Menschen. Erst wenn sie nicht da sind, werden sie bemerkt und ihr Fehlen kann großen Schaden anrichten. Dieses White-Paper hat die Absicht, die Funktion und die Notwendigkeit dieser Bausteine zu erläutern.

Sample & Hold Verstärker (S&H) haben die Aufgabe, Spannungswerte für eine bestimmte Zeit „einzufrieren“. Während dieser Zeit kann ein nachgeschalteter A/D-Umsetzer (ADU) die „eingefrorene“ also konstante Spannung umsetzen. Ein solcher Verstärker verfügt über einen analogen Eingang u , eine digitale Steuerleitung u_k zur Umschaltung von Sample nach Hold und ein analoges Ausgangssignal s . Wird der Schalter durch u_k geschlossen, so wird der Haltekapazität C_h die Spannung u annehmen und ihr folgen. Nach Öffnen des Schalters behält der Kondensator seine Spannung, da er hochohmig an den Ausgangsverstärker angekoppelt ist. Die gehaltene Spannung s kann nun mit einem nachfolgenden ADU digitalisiert werden.

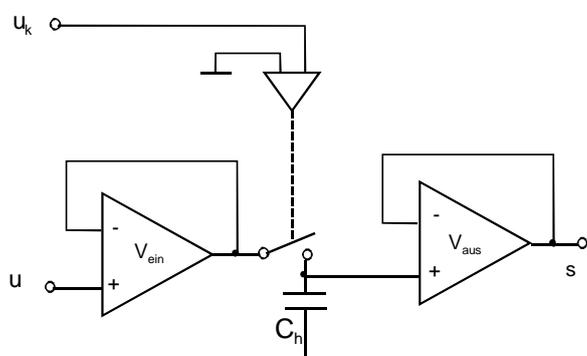


Abb. 1: Aufbau eines S&H mit Ein- und Ausgangsbuffer, Schalter und Haltekapazität

Im White-Paper „Strukturen von Messsystemen“ wird gezeigt, bei welchen Messsystemstrukturen einzelne S&H erforderlich sind. Bei den meisten ADUs sind diese Bausteine bereits integraler Bestandteil.

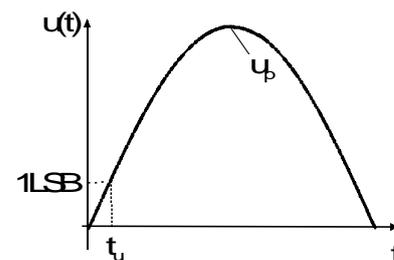
Bei den nachfolgenden Überlegungen wollen wir davon ausgehen, dass kein S&H genutzt wird und uns die Auswirkungen ansehen. Soll beispielsweise eine sinusförmige Spannung $u(t)$ mit dem Spitzenwert u_p und der Kreisfrequenz ω , also $u(t) = u_p \sin(\omega t)$, mit n -Bit Genauigkeit umgesetzt werden, so muss man fordern, dass sich während der Umsetzzeit des ADU die Spannung u um nicht mehr als $1 \text{ LSB} = 2u_p / (2^n - 1)$ ändert. Andernfalls könnte man einen ADU mit einer geringeren Auflösung einsetzen.

1 LSB ist dabei die Spannungsauflösung; $2u_p$ der Aussteuerbereich der Spannung und $2^n - 1$ ist die Anzahl der Spannungsunterteilungen eines ADU mit n Bit.

Abb. 2: Während der Umsetzzeit t_u darf sich die Spannung nicht mehr als 1 LSB ändern, da sie sonst für den ADU nicht konstant innerhalb der Toleranzen eines LSB ist.

Im Nullpunkt von u (größte Steigung) gilt:

$$\left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} = u_p \omega$$



mit $du \approx \Delta u = 1 \text{ LSB}$ und $dt \approx t_u$ (Umsetzzeit des ADU) ergibt sich mit $\omega = 2\pi f_{\text{max}}$ die höchste, ohne S&H Verstärker fehlerfrei zu verarbeitende Frequenz zu

$$f_{\text{max}} = \frac{1}{\pi(2^n - 1)t_u}$$

Beispiel:

12-Bit-ADU mit $t_u = 1 \mu\text{s}$ Umsetzzeit (1 MHz ADU)

$$f_{\text{max}} = \frac{1}{\pi(2^{12} - 1) 1 \mu\text{s}} \approx 78 \text{ Hz}$$

Dieses Ergebnis besagt, dass ein ADU bei 10^6 Messungen/s lediglich analoge Signale bis 78 Hz verarbeiten kann, falls *kein* S&H Verstärker eingesetzt wird!

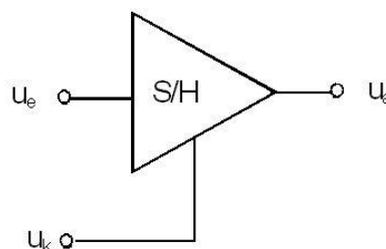


Abb. 3: Prinzip Bild eines Sample & Hold Verstärkers

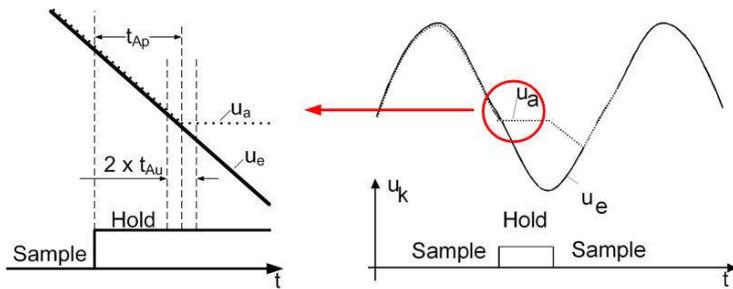


Abb. 3:
Arbeitsweise eines Sample/Hold-Verstärkers und Prinzip Bild

Wird ein S&H Verstärker vor den ADU geschaltet, so kann der umzusetzende Wert während der Umsetzzeit konstant gehalten werden. Zwischen dem Eintreffen des Haltebefehls und seiner Ausführung vergeht eine gewisse Zeit t_{Ap} (aperture time), die für sämtliche Kanäle eine gleichlange Verzögerung der Signale bedeutet und üblicherweise nicht stört. Diese Zeit ist jedoch unsicher, kann also schwanken um t_{Au} (aperture uncertainty). Diese Unsicherheit bestimmt die maximale Umsetzrate und liegt üblicherweise im ps-Bereich.

Hinsichtlich der höchsten zu verarbeitenden Signalfrequenz ergibt sich ein Verbesserungsfaktor gegenüber einem ADU ohne S&H Verstärker.

$$V = \frac{t_u}{t_{Au}}$$

Beispiel:

Die „Aperture Uncertainty“ eines S&H beträgt laut Datenblatt ± 50 ps. Damit wird die maximale Analogsignalfrequenz aus dem letzten Beispiel

$$V f_{\max} = \frac{t_u}{t_{Au}} f_{\max} = \frac{10^{-6} \text{ s}}{10010^{-12} \text{ s}} 78 \text{ Hz} = 780 \text{ kHz}$$

Dieser Wert bedeutet allerdings nicht, dass Analogsignale bis 780 kHz gemessen werden können, da der Frequenzbereich aufgrund der Abtastfrequenz von 1 MHz auf < 500 kHz beschränkt bleiben muss (siehe White-Paper „Wahl der Abtastfrequenz“).

Es wurde in diesem Beitrag gezeigt, dass ein S&H praktisch immer benötigt wird, wenn es um das Festhalten einer Spannung für einen nachfolgenden ADU geht. Lediglich bei solchen Umsetzern, die eine extrem kurze Umsetzzeit haben (Flash-Umsetzer), kann auf einen S&H-Baustein verzichtet werden.

Autor:

Prof. Dr.-Ing. Klaus Metzger

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

imc Test & Measurement GmbH

Voltastr. 5
D-13355 Berlin

Telefon: +49 (0)30-46 7090-0
Fax: +49 (0)30-46 31 576
E-Mail: hotline@imc-tm.de
Internet: <http://www.imc-tm.de>

Die imc Test & Measurement GmbH ist Hersteller und Lösungsanbieter von produktiven Mess- und Prüfsystemen für Forschung, Entwicklung, Service und Fertigung. Darüber hinaus konzipiert und produziert imc schlüsselfertige Elektromotorenprüfstände. Passgenaue Sensor- und Telemetriesysteme ergänzen unser Produktportfolio.

Unsere Anwender kommen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik, Maschinenbau, Bahn, Luftfahrt und Energie. Sie nutzen die imc-Messgeräte, Softwarelösungen und Prüfstände, um Prototypen zu validieren, Produkte zu optimieren, Prozesse zu überwachen und Erkenntnisse aus Messdaten zu gewinnen. Rund um die imc Geräte steht dafür ein

umfassendes Dienstleistungsspektrum zur Verfügung, das von der Beratung bis zur kompletten Prüfstandsautomatisierung reicht. Auf diese Weise verfolgen wir konsequent das imc Leistungsversprechen „produktiv messen“.

National wie international unterstützen wir unsere Kunden und Anwender mit einem starken Kompetenz- und Vertriebsnetzwerk.

Wenn Sie mehr über die imc Produkte und Dienstleistungen in Ihrem Land erfahren wollen oder selbst Distributor werden möchten, finden Sie auf unserer Webseite alle Informationen zum imc Partnernetzwerk:

<http://www.imc-tm.de/partner/>



Nutzungshinweis:

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Dieser Bericht darf ohne Genehmigung weder bearbeitet, abgewandelt noch in anderer Weise verändert werden. Ausdrücklich gestattet ist das Veröffentlichen und Vervielfältigen des Dokuments. Bei Veröffentlichung bitten wir darum, dass der Name des Autors, des Unternehmens und eine Verlinkung zur Homepage www.imc-tm.de genannt werden. Trotz inhaltlicher sorgfältiger Ausarbeitung, kann dieser Bericht Fehler enthalten. Sollten Ihnen unzutreffende Informationen auffallen, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis an: marketing@imc-tm.de. Eine Haftung für die Richtigkeit der Informationen wird grundsätzlich ausgeschlossen.