

Strahlstabilisierung “Compact”

Handbucheinleitung für die

Sample & Hold Zusatzschaltung als Haltefunktion für die Laserstrahlposition bei fehlendem Regelsignal



1. Beschreibung

In einigen Anwendungen mit der Laserstrahlstabilisierung kann es vorkommen, dass der Laserstrahl während des aktiven Regelbetriebs an- und ausgeschaltet wird. In dem Zeitraum ohne Laserstrahl fehlt das Regelsignal. Ohne weitere Maßnahmen fährt unsere „Compact“-Strahlregelung in diesem Fall die Kippspiegelsysteme in eine definierte Position (Stellmitte bzw. „Nullposition“, siehe Handbuch des „Compact“-Systems).

Wird der Laser dann wieder eingeschaltet, so startet die Regelung von dieser Position aus. Da der gesamte optische Aufbau zuvor auch mit dieser Nullposition justiert sein sollte, ist dies in der Regel ein guter Startpunkt für die Stabilisierung. Bei starken Drifts des Laserstrahls im Gesamtaufbau kann die Stellmitte der Kippspiegel mit der Zeit aber deutlich von dem aktuell benötigten Stellwert abweichen. Beim Einschalten des Lasers nach einer Zeit ohne Laserstrahl wird dies bei Wiederaufnahme des Regelbetriebs zu einem unerwünschten Ausschlag in der Strahlposition führen.

Mit der im folgenden beschriebenen Erweiterung für die Strahlstabilisierung „Compact“ lassen sich die Stellungen der Kippspiegelsysteme über eine beliebige Zeitdauer ohne Regelsignal bzw. Laserintensität festhalten. Damit wird ermöglicht, dass die Regelung nach Wiedereinschalten des Lasers nicht von der Stellmitte, sondern von der letzten geregelten Position aus starten kann.

Die Sample & Hold (S&H) Zusatzschaltung hat im wesentlichen Vorteile in den folgenden Anwendungsbereichen:

- In allen Systemen, in denen der Laser während eines Prozesses mehrmals an- und ausgeschaltet werden muss, z.B. in Bearbeitungsmaschinen. Auch wenn das System aus seiner Grundjustage herausgelaufen ist, wird die Strahlposition bei Wiederaufnahme des Regelbetriebs von der letzten geregelten Position aus starten. Das Pendeln aus der Stellmitte zur Sollposition wird so vermieden und eine potentielle Fehlbearbeitung des Werkstücks verhindert.
- In Systemen mit sehr großem Abstand zwischen Kippspiegelsystemen und Detektoren. Hier besteht die Gefahr, dass sich die Justage durch Drifts so weit ändert, dass der Laserstrahl den Detektor im unregulierten Zustand nicht mehr trifft. Bei Deaktivierung der Strahlregelung, z.B. durch zeitweises Ausschalten des Lasers, besteht dann die Gefahr, dass bei erneuter Aktivierung der Regelung der Laserstrahl nicht mehr auf dem Detektor eingefangen werden kann.
- In Systemen mit sehr niedriger Repetitionsrate der Laserpulse oder unregelmäßig auftretenden Einzelpulsen. Wenn die S&H-Schaltung der Strahlregelung für jeden einzelnen Puls getriggert wird, nähert sich die Position des Laserstrahls mit jedem einzelnen Puls der Sollposition an.

2. Betriebsarten

2.1 Automatische Steuerung der Sample & Hold Elemente

Die Strahlregelung mit S&H-Erweiterung besitzt eine automatische Erkennung für die Zustände „Laser-An“ oder „Laser-Aus“. Dies erfolgt durch Abfrage der Intensität auf den Positionsdetektoren. Die Automatik steuert die S&H-Elemente, um die Strahlposition bei vorhandener Laserintensität zu speichern und bei fehlender Intensität die Position der Kippspiegelsysteme festzuhalten.

Für die automatische Steuerung ist es erforderlich, dass die Intervalle, in denen der Laser an ist, bzw. die Länge der Pulszüge > 100 ms sind.

Bei Benutzung der Automatik braucht der Anwender keine weiteren Signale bereitstellen.

2.2 Externe Triggerung der Sample & Hold Elemente

Für einzelne Laserpulse oder Laser mit sehr kleiner Repetitionsrate, geschaltete cw-Laser oder Pulszüge < 100 ms kann die Automatik die Speicherung der Strahlposition nicht schnell genug freigeben. In diesen Fällen ist es notwendig die S&H-Elemente über ein externes Triggersignal zu steuern. Die Erfordernisse an das Triggersignal sind in Abschnitt 3.2 dargestellt.

3. Konfiguration und Inbetriebnahme

3.1 Verkabelung

Die Verkabelung der Strahlregelung „Compact“ mit zusätzlicher S&H-Erweiterung kann normal durchgeführt werden wie im Handbuch der Strahlstabilisierung „Compact“ beschrieben.

In der Betriebsart mit automatischer Ansteuerung der S&H-Elemente ist keine weitere Verkabelung notwendig.

Ist eine externe Triggerung erforderlich, so müssen die Triggersignale über die mit „Trig“ beschrifteten Lemo-Buchsen in das Regelgehäuse zugeführt werden (siehe Abbildung 1). Die rechte Buchse steuert die Haltefunktion für Stage 1 / Kippspiegel 1, die linke entsprechend für Stage 2 / Kippspiegel 2.

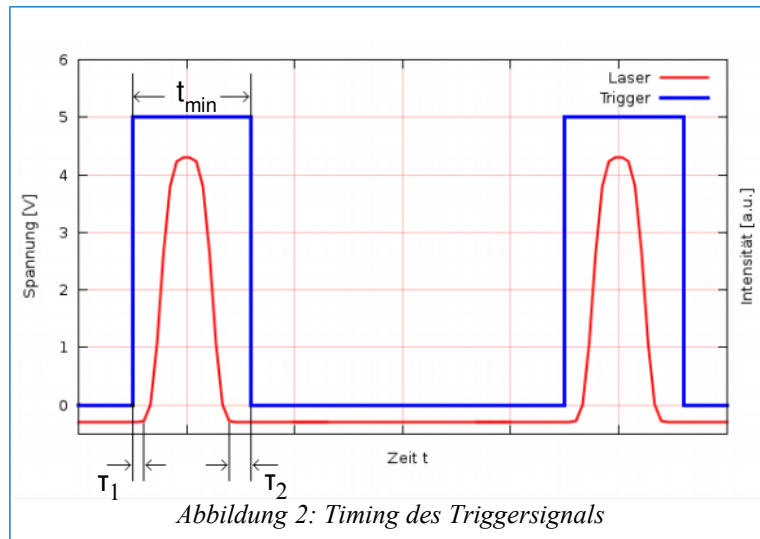


Abbildung 1: Rechte Seite der Steuerungselektronik

3.2 Externe Triggerung

Die externe Triggerung ermöglicht eine genaue zeitliche Zuordnung, wann das System die Kippspiegelposition speichern soll und wann die gespeicherte Position festgehalten werden muss. Diese Zuordnung ist besonders wichtig für die Anwendung mit einzelnen Laserpulsen. Für eine optimale Funktion der S&H-Erweiterung müssen deshalb zeitliche Vorgaben an das Triggersignal eingehalten werden. In Abbildung 2 sind die zeitlichen Toleranzen für das Triggersignal verdeutlicht.

- Dauer des Triggersignals: $t_{\min} \geq 10 \mu\text{s}$
- Zeitpunkt des Trigger-Starts relativ zu „Laser-An“: $-10 \mu\text{s} \geq \tau_1 \leq 50 \mu\text{s}$
- Zeitpunkt des Trigger-Endes nach „Laser-Aus“: $\tau_2 \leq 1 \text{ ms}$



Die elektronischen Vorgaben für die Triggersignale sind:

- TTL-Pegel
- Pegel „high“ bei vorhandener Laserintensität und Pegel „low“ bei fehlender Intensität

3.3 Inbetriebnahme

Die Justage und Inbetriebnahme der Strahlregelung mit S&H-Erweiterung kann normal durchgeführt werden wie im Handbuch der Strahlstabilisierung „Compact“ beschrieben.

Bei Deaktivierung der Regelung (d.h. bei ausgeschaltetem *Start/Stop*-Knopf) erfolgt ein Reset für die gespeicherte Position der Kippspiegel. In diesem Zustand befinden sich die Kippspiegel in ihrer Stellmitte. Damit ist sichergestellt, dass das System wie im Handbuch beschrieben justiert werden kann.



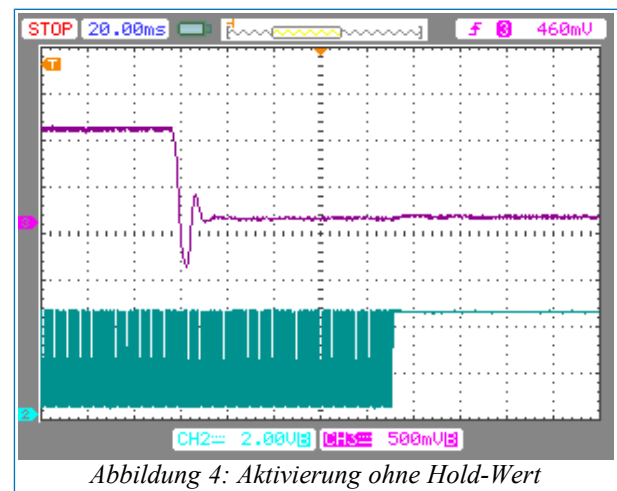
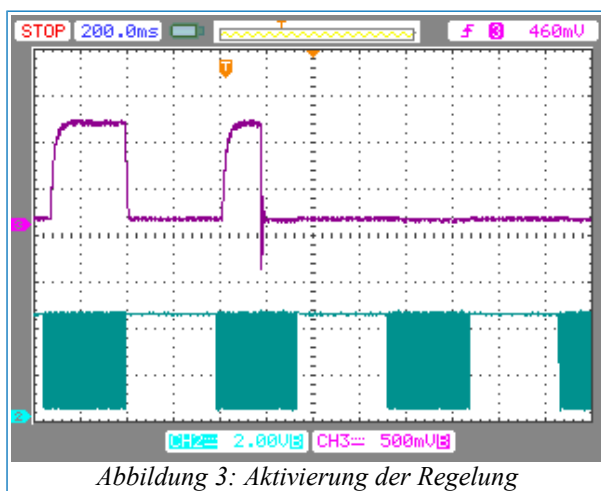
Es ist zu beachten, dass bei Deaktivierung der Regelung die zuletzt gespeicherte Strahlposition verloren geht. Bei erneuter Aktivierung der Regelung startet das System von der Stellmitte der Kippspiegel. Bei großen Abständen zwischen Stellspiegel und Detektor besteht dann die Gefahr, dass der Detektor ohne Nachjustierung nicht getroffen wird!

4. Funktionsweise und Verhalten

Die Wirkungsweise der S&H-Zusatzschaltung soll im Folgenden anhand eines Beispiels in Abbildung 3 erläutert werden. In diesem Beispiel wurde eine Folge von Pulszügen mit einer Repetitionsrate von 1 kHz und einer Dauer von ca. 300 ms eingesetzt. Die Pulszüge sind in grüner Farbe dargestellt. Die violette Kurve zeigt das Positionssignal des Lasers auf dem Detektor.

Beim ersten Pulszug ist die Strahlstabilisierung noch ausgeschaltet, so dass man erkennt, dass der Puls den Detektor zunächst nicht in der Mitte trifft. Während des zweiten Pulszuges wird die Strahlstabilisierung eingeschaltet. Man erkennt zunächst einen Ausschlag der Position (in Abbildung 4 vergrößert dargestellt) und ab dann ein stabiles Positionssignal, das auch beim dritten und vierten Pulszug nicht mehr ausschlägt. Ohne die S&H-Erweiterung würde der Ausschlag des Kippspiegels auch bei den auf den zweiten Pulszug folgenden Pulszügen immer wieder auftreten.

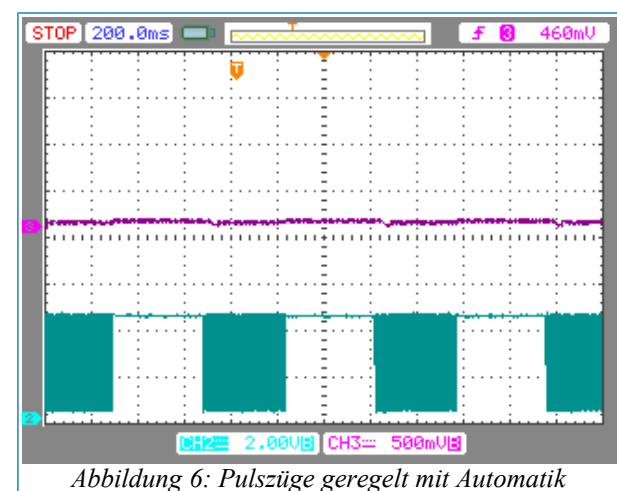
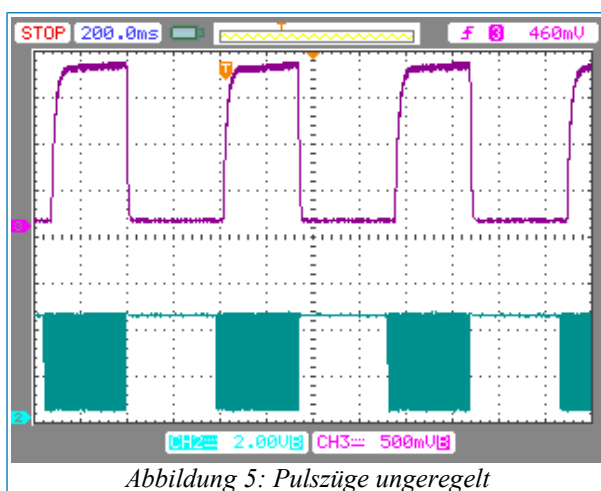
Nach dem Einschalten der Strahlregelung befinden sich die Kippspiegel in ihrer Stellmitte. Da die Stellmitte typischerweise von der Sollposition abweicht, erhält man unmittelbar nach der Aktivierung der Regelung eine große Regelamplitude, die zu dem beschriebenen Ausschlag führt. Im Normalfall, wenn ein Laser ein dauerhaftes Regelsignal liefert, ist dies auch kein Problem, da dann auch eine kontinuierliche Stabilisierung erfolgt. Bei den in Kapitel 1 aufgeführten Systemtypen kommt es aber zu Zeiten ohne Regelsignal. Hier greift die S&H-Zusatzschaltung: Nach der Phase ohne Laserintensität wird die Regelungsaktivität für den nächsten Pulszug ohne größere Auslenkung wieder aufgenommen. Dies wird in den Abschnitten 4.1 und 4.2 demonstriert. Ohne die S&H-Erweiterung wäre die Regelung wieder vom oberen Positionswert gestartet und hätte wieder zu einem Ausschlag geführt.



Lediglich beim ersten Pulszug greift die S&H-Erweiterung noch nicht, da es zu diesem Zeitpunkt noch keinen gültigen Positionswert für die Sollposition in den S&H-Elementen gibt. Im Anschluss werden die Ansteuersignale für die Kippspiegel aber ständig gespeichert und zu dem Zeitpunkt unbegrenzt eingefroren, zu dem die Laserintensität fehlt oder der Trigger „low“ geschaltet wird. Dies gilt, solange die Regelung an und aktiviert ist.

4.1 Automatische Steuerung

Die Betriebsart der automatischen Steuerung eignet sich vor allem für längere Schaltperioden des Laserlichts oder längere Pulszüge aus Einzelpulsen.



In den Abbildungen 5 und 6 ist ein Beispiel mit Pulszügen eines Lasers mit 1 kHz Repetitionsrate dargestellt. Die grüne Kurve ist wieder das Signal der Laserpulse und die violette Kurve das Positionssignal. In Abbildung 5 ist der Laser unreguliert und in Abbildung 6 mit der Automatik geregelt. Hierbei wird die Kippspiegelposition in den Zeiträumen, in denen der Laser aus ist eingefroren und mit jedem Signal auf dem Detektor wird die Position wieder aktualisiert.

Die Laserintensität sollte während des Regelbetriebs nicht durch Einführen eines strahlblockenden Elements geschaltet werden. Prinzipbedingt würden die Detektoren die Position für den Zeitraum des teilweise abgedeckten Strahls falsch bestimmen und damit die letzte geregelte Position verfälschen.



Die Laserintensität sollte nicht über eine Abschattung des Laserstrahls geschaltet werden. Dies kann zu Verfälschungen für die Halteposition der Kippspiegelsysteme führen.

Im Regelbetrieb mit der Automatik sind die Zeitpunkte für das Festhalten der Position und das erneute Starten der Regelaktivität aus technischen Gründen leicht verzögert zum An- und Ausschalten der Laserintensität. Dies kann zu leichten Abweichungen der gespeicherten Positionen zu den idealen Kippspiegelpositionen führen.

4.2 Steuerung durch externen Trigger

Für den Fall, dass ein Triggersignal für die An- und Auszeiten des Lasers zur Verfügung steht, ist es zu empfehlen, den Betriebsmodus mit externem Trigger zu verwenden. Durch die bessere zeitliche Zuordnung zur Laserintensität werden in der Regel die besseren Ergebnisse erreicht.

In Abbildung 7 ist das Beispiel aus 4.1 mit externem Triggersignal gezeigt. Zu den oben beschriebenen Kurven ist zusätzlich die blaue Kurve des Triggersignals zu erkennen.

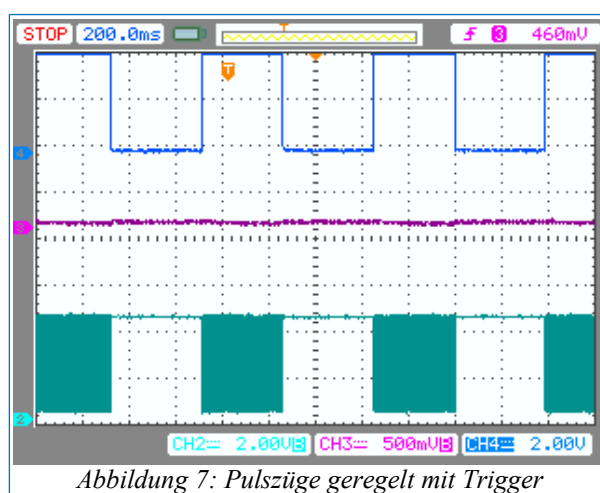


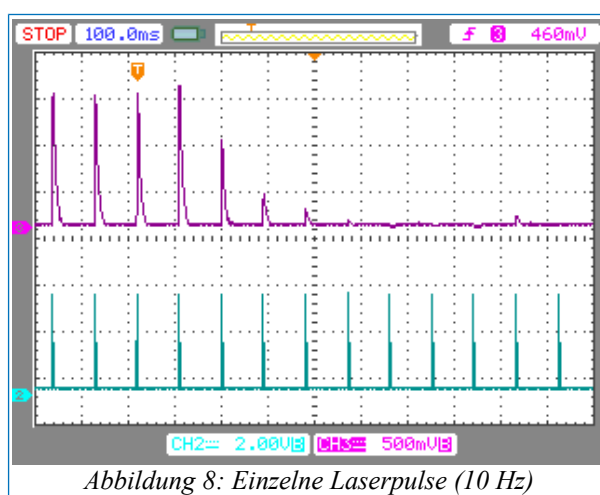
Abbildung 7: Pulszüge geregelt mit Trigger

Wie in diesem Beispiel gezeigt, ist es bei der Verwendung von Pulszügen vorteilhaft, nicht auf jeden einzelnen Puls, sondern auf den Beginn und das Ende des Pulszuges zu Triggern. Dies gilt für Puls-Repetitionsraten ab ca. 300 Hz.

4.3 Betrieb mit einzelnen Pulsen und externem Trigger

Die Benutzung eines externen Triggersignals ermöglicht auch den Regelbetrieb für einzelne oder unregelmäßig anstehende Laserpulse oder gepulste Laser mit sehr niedrigen Repetitionsraten.

Das Verhalten für diese Fälle zeigt das Beispiel in Abbildung 8. Dort ist das Positionssignal eines mit 10 Hz gepulsten Lasers durch die violette Kurve dargestellt. Die grüne Kurve ist das Triggersignal für die einzelnen Laserpulse. Der Strahl befindet sich zunächst in einer beliebigen Position. Beim vierten Laserpuls von links aus gesehen wird die Strahlregelung aktiviert. Im anschließenden Verlauf ist in der Abbildung gut zu erkennen, dass sich der Strahl mit jedem Puls weiter an die Sollposition annähert, bis er schließlich als stabiler Puls in der Sollposition verbleibt.



In diesem Beispiel werden 4 Pulse zum Ausregeln der Strahlposition benötigt. Je nach den Aufbauparametern des optischen Systems, der Pulslänge und der Dauer des externen Triggersignals wird sich die benötigte Anzahl der Pulse für die Ausregelung der Position unterscheiden.



Im Betrieb mit kurzen Triggerzeiten ist der Zeitraum für die Regelaktivität sehr klein. Da die Signal-LED „Active“ direkt mit diesem Zeitraum gekoppelt ist, kann es sein, dass das Leuchten dieser LED nicht wahrgenommen werden kann.

5. Spezifikation

Technische Eigenschaften:

Sample & Hold Erweiterung

Speicherprinzip	Digitale Speicherung der Positionswerte
Sampling-Frequenz	25 kHz
Haltezeit	unbegrenzt
Bedingung für automatische Triggerung	Mindestzeitdauer für „Laser an“ bzw. Pulszuglänge: > 100 ms

Trigger

Logik-Pegel	TTL, „high“ für Laser an, „low“ für Laser aus
Anschluss	2x LEMO, getrennt für Stage 1 und Stage 2
Minimale Trigger-Signallänge „high“	$t_{\min} \geq 10 \mu\text{s}$

6. Kontakt

MRC Systems GmbH
Hans-Bunte-Strasse 10
D-69123 Heidelberg
Germany

Phone: +49-6221/13803-00
Fax: +49-6221/13803-01
Web: www.mrc-systems.de
E-mail: info@mrc-systems.de