

1. Einleitung

In einigen Anwendungen empfehlen wir den Einsatz unserer *Sample&Hold*-Zusatzschaltung. Sie sorgt dafür, dass die Regelung in Zeiten ohne Laserstrahl die Kippspiegel in den letzten stabilisierten Positionen festhält und danach wieder von dort aus weiter regelt. Dies gewährleistet auch dann eine stabile Strahlage, wenn der Laserstrahl während des Betriebs an- und ausgeschaltet wird. Dies ist z.B. häufig in der Laser-Materialbearbeitung der Fall, wenn verschiedene Bereiche auf einem Werkstück nacheinander vom Laser angefahren werden. Auch bei Lasern mit niedriger Repetitionsrate (z.B. unter 1 kHz), mit Einzelpulsen oder unregelmäßigen Pulszügen gibt es Zeiten zwischen der Laseraktivität, in denen kein Licht auf die Detektoren trifft.

Ein weiterer Anwendungsfall der Schaltung sind Lasersysteme mit sehr großem Abstand zwischen den Kippspiegeln und den Detektoren. Hier besteht unter Umständen die Gefahr, dass nach zeitweisem Ausschalten des Lasers der Laserstrahl den Detektor im unregelmäßigen Zustand nicht mehr trifft, da sich die ursprüngliche Justage durch Drifts geändert hat, so dass es auch hier gut ist, die Kippspiegel vor dem Ausschalten festzuhalten.

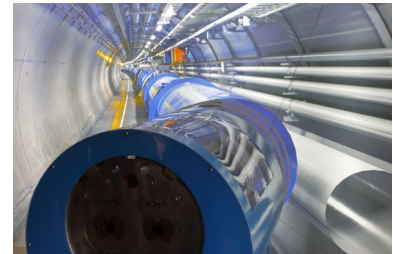
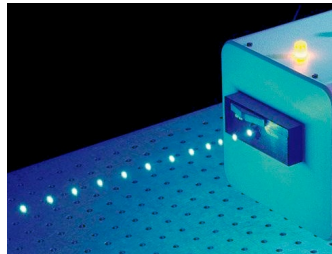
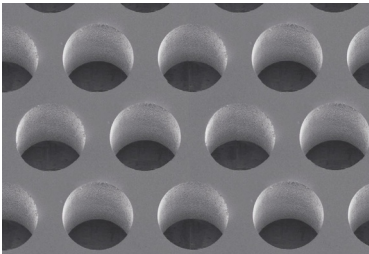


Abbildung 1: Typische Anwendungsbereiche zum Einsatz der *Sample&Hold*-Zusatzschaltung: Laser-Mikrobearbeitung, Laser mit kleinen Repetitionsraten oder Aufbauten mit langen Strahlwegen

In den Zeiträumen ohne Laserstrahl können die Detektoren keine Positionen ermitteln, so dass dem System in diesen Zeiten das Regelsignal fehlt. Ohne die *Sample&Hold*-Zusatzschaltung fahren die Piezo-Kippspiegel dann in ihre Nullpositionen zurück. Das sind jene Spiegelstellungen, in die man sie vor Aktivierung der Regelung justiert hat. Wird der Laser nach einer Unterbrechung wieder eingeschaltet, startet die Regelung von diesen Positionen aus. Die Nullpositionen können zwar gute Startpunkte sein, sind die Unterbrechungen allerdings nur kurz, kann es vorkommen, dass der Laser zwischen der Nullposition und der stabilisierten Position hin und her oszilliert. Im umgekehrten Fall, wenn die Unterbrechungen relativ lang sind oder wenn es bewegte Elemente im Aufbau wie beispielsweise in Lasermaschinen gibt, kann sich die Strahlführung derart verändert haben, dass die Nullpositionen nicht mehr gut genug sind. Daher empfehlen wir in diesen Fällen die Verwendung der *Sample&Hold*-Schaltung.

2. Beschreibung

Mit der *Sample&Hold*-Zusatzschaltung („ADDA“) verbleiben die Piezo-Kippspiegel in Zeiten ohne Laserleistung in ihrer letzten stabilisierten Position. Dazu werden die geregelten Positionen zwischengespeichert. Sobald wieder Laserlicht auf die Detektoren trifft, regelt der closed-loop-Controller in Echtzeit weiter. Damit wird auch bei Lasern mit niedrigen Repetitionsraten oder Laser-an/aus-Zeiten die höchste Positions- und Winkelstabilität des Strahls sichergestellt.

Die Bezeichnung „ADDA“ leitet sich von dem Aspekt ab, dass die Steuersignale der Aktuatoren kontinuierlich AD-gewandelt und digital gespeichert werden. Bei Bedarf werden sie wieder DA-gewandelt und an die

Verstärker der Piezo-Aktuatoren gegeben. So ist es möglich, dass die Kippspiegel über eine beliebig lange Zeit festgehalten werden, bis das System aus der letzten geregelten Position heraus weiter regelt.

3. Betriebsarten

Die *Sample&Hold*-Schaltung kann in zwei Betriebsarten verwendet werden: der automatischen Steuerung und der Steuerung mit externem Trigger. Beide werden im Folgenden erläutert.

3.1. Automatische Steuerung

Das System verfügt über eine automatische Erkennung von Laser-an/aus-Zeiten. Dazu fragt es die Intensitäten der Detektoren ab. Bei jeder Abfrage werden die Steuerspannungen der Kippspiegel gespeichert. Wenn eine folgende Abfrage eine Laser-aus-Zeit liefert, werden die Piezos in der aktuellen Position festgehalten. Für die automatische Steuerung ist es erforderlich, dass die Laser-an-Zeiten bzw. die Pulszüge länger als 100 ms sind. Dann muss der Anwender keine weiteren Signale bereitstellen. Das System regelt automatisch entsprechend den an/aus-Zeiten.

3.2. Externe Triggerung

Bei Lasern mit kurzen Pulszügen oder Einzelpulsen (<100 ms) sowie bei Lasern mit niedrigen Repetitionsraten (<1 kHz) sollte die Schaltung durch externe Trigger mit den Laser-an/aus-Zeiten synchronisiert werden. In diesen Fällen würde die Automatik die Speicherung der Steuersignale nicht schnell genug aktualisieren. Über die Triggersignale für die an/aus-Zeiten erfolgt eine exakte zeitliche Zuordnung zur Laserintensität, wann das System die Kippspiegel festhalten und wann es aktiv regeln soll.

Für eine optimale Funktion müssen die zeitlichen Vorgaben an das Triggersignal eingehalten werden. In Abbildung 2 sind die Toleranzen verdeutlicht.

- Dauer des Triggersignals: $t_{\min} \geq 10 \mu\text{s}$
- Zeitpunkt T1 des Trigger-Starts: nicht früher als 10 μs vor und nicht später als 50 μs nach Pulsbeginn
- Zeitpunkt des Trigger-Endes T2: nicht später als 1 ms nach Pulsende

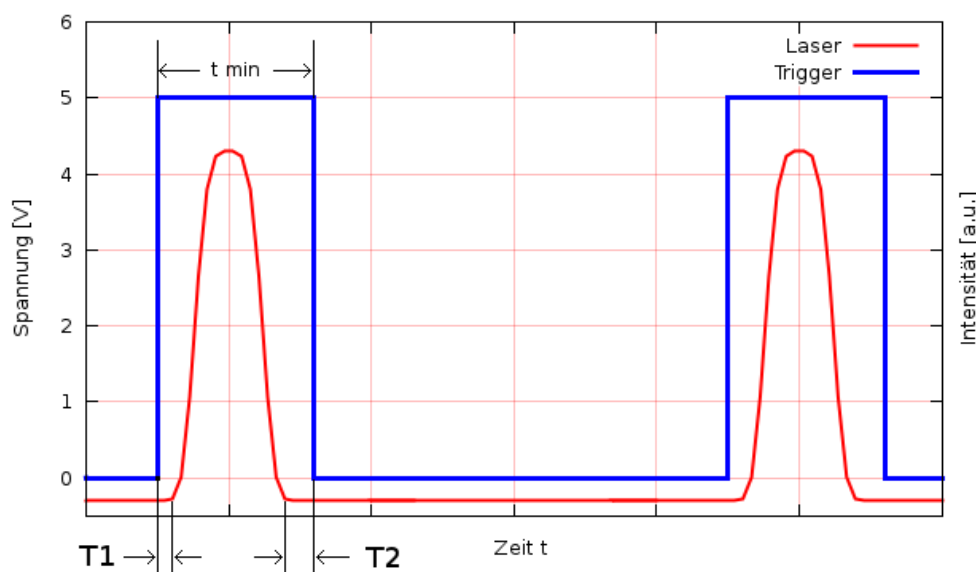


Abbildung 2: Timing des Triggersignals

Bezüglich der Pegel gilt:

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

Der Controller des *Compact*-Systems wird mit je einem Triggereingang für jede der beiden Regelstufen ausgestattet. Es ist auch möglich, die Triggersignale über die serielle Schnittstelle zu setzen. Somit ist es auf einfache Art möglich, den Laser zu stabilisieren.

4. Beispiel für einen Laser mit einer Repetitionsrate von 10 Hz

Im unten abgebildeten Oszillogramm ist das Beispiel eines Lasers mit einer Repetitionsrate von 10 Hz dargestellt. Die obere Kurve zeigt das Positionssignal der einzelnen Laserpulse und die untere Kurve das Triggersignal. Bei einer Spannung von 0 V in der oberen Kurve ist die gewünschte Sollposition erreicht. Der Laser befindet sich demnach zunächst in einer abweichenden Position. Beim vierten Laserpuls von links gesehen wird die mit *Sample&Hold* ausgestattete Strahlstabilisierung aktiviert. Im anschließenden Verlauf ist gut zu erkennen, dass sich der Strahl mit jedem Puls der Sollposition nähert, bis er schließlich als stabiler Strahl dort verbleibt. In diesem Beispiel werden ca. vier Pulse zum Ausregeln der Strahlposition benötigt. Je nach Aufbau, den verwendeten Komponenten und dem eingestellten P-Faktor kann die benötigte Anzahl der Pulse unterschiedlich sein.

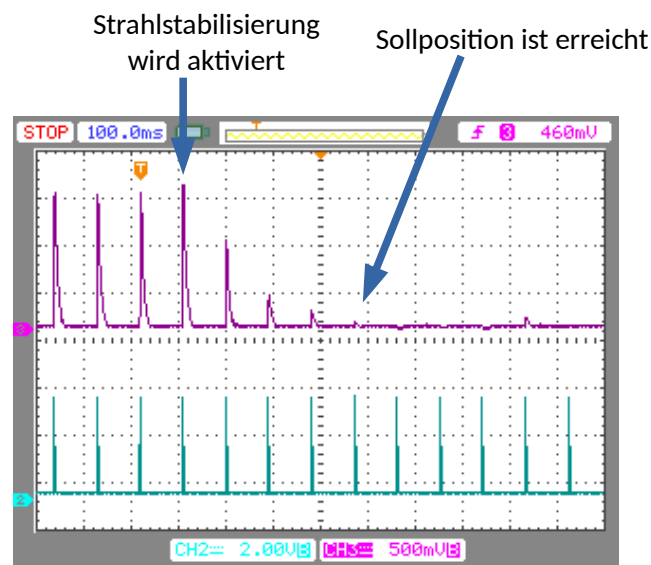


Abbildung 3: Einzelne Laserpulse (10 Hz), Erläuterungen siehe Text

5. Beispiel für einen Laser mit Pulszügen

Wenn ein Triggersignal für die an/aus-Zeiten des Lasers zur Verfügung steht, ist es von Vorteil, dieses zu verwenden. Durch die bessere zeitliche Zuordnung zur Laserintensität werden in der Regel bessere Ergebnisse erzielt. In Abbildung 4 ist ein Beispiel mit Pulszügen eines Lasers mit einer Repetitionsrate von 1 kHz gezeigt. Die Pulszüge sind ca. 170 ms lang und in grün dargestellt. Hierbei triggert man also nicht auf die einzelnen Laserpulse (1 kHz), sondern auf die an/aus-Zeiten der Pulszüge. Dies gilt für Repetitionsraten ab ca. 300 Hz. Die blaue Kurve zeigt das Triggersignal, die violette Kurve in der Mitte des Diagramms das stabile Positionssignal.

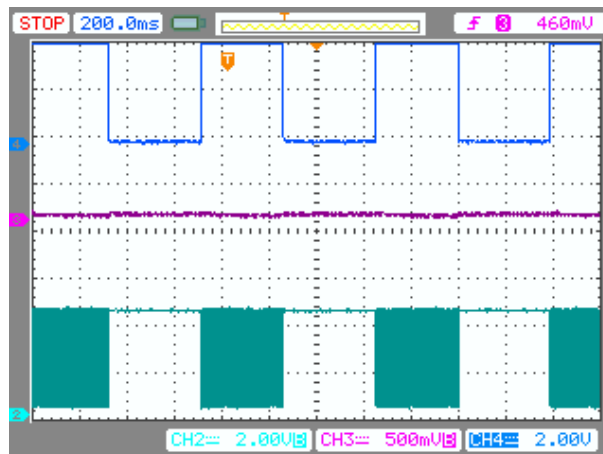


Abbildung 4: Pulszüge (unten) geregelt mit Trigger (oben)

6. Hinweis für den Einsatz mechanischer Shutter

In Fällen, in denen ein mechanischer Shutter den Laserstrahl unterbricht, sollte immer mit externer Triggerung gearbeitet werden. Die Triggersignale sollten dann zeitlich so gesetzt werden, dass die Detektoren keinen teilweise abgedeckten Strahl während des Öffnungs- und Schließvorgangs des Shutters detektieren. Bei der Detektion von teilweise abgedeckten Strahlen würde das System nicht die gewünschten Positionen halten, weil sich das Zentrum der Leistungsverteilung verschiebt. Auch ohne Shutter sollte beachtet werden, dass der Strahl nicht durch Aperturen abgeschnitten wird.

7. Technische Eigenschaften

Sample & Hold Zusatzschaltung

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

Trigger (analog)

Logikpegel	TTL, „high“ für Laser an, „low“ für Laser aus
Eingänge	je Regelstufe ein Eingang
Kabel (optional)	LEMO 00 → BNC
Minimale Triggersignallänge „high“	$t_{\min} \geq 10 \mu\text{s}$
Trigger-Start	10 μs vor bis 50 μs nach Pulsbeginn
Trigger-Ende	max. 1 ms nach Pulsende

Trigger (digital)

Via serielle Schnittstelle	Kommandos: „SetTriggerFreeze“, „ClearTriggerFreeze“
----------------------------	---



MRC-0921-1-d

Kontakt

MRC Systems GmbH
Hans-Bunte-Str. 10
D-69123 Heidelberg
Tel.: 06221/13803-00
Email: info@mrc-systems.de

Änderungen vorbehalten.