

Praktischer Einsatz von LED-Beleuchtungssteuerungen in Bildverarbeitungssystemen

Die erfolgreiche, kostengünstige Anwendung eines Bildverarbeitungssystems hängt oft vom Zusammenspiel vieler einzelner Elemente, einschließlich der Beleuchtung solcher Systeme, ab. In der vorliegenden technischen Beschreibung werden die besonderen Vorteile bei der Verwendung von LED-Beleuchtungssteuerungen innerhalb solcher Systeme aufgeführt sowie das Prinzip dieser Technik beschrieben und deren Einsatz bei praktischen Anwendungen erläutert.



Als Grundlage für diesen Überblick dienen in der vorliegenden Anleitung die Steuerungen der Gardasoft RT-Serie. Zum Schluss werden die Auswahlkriterien für diese besondere Produktpalette aufgeführt.

1.0 Wozu dient eine LED-Beleuchtungssteuerung?

LED-Beleuchtungssteuerungen sind ein wesentliches Element jedes Bildverarbeitungssystems, bei dem die Beleuchtungsintensität optimiert und die Sequenz zwischen Bildkameras und Leuchten präzise getriggert werden muss. Nachstehend sind die Hauptbereiche aufgeführt, bei denen der Einsatz einer LED-Beleuchtungssteuerung von Vorteil ist:

- **Puls- bzw. Blitzsteuerung**
Falls die EIN-Zeit Ihrer Leuchte mit der Kamera und dem Zielprodukt (mit einer Auflösung im Nanosekundenbereich) synchronisiert werden muss
- **Überblitzen**
Falls bei Ihrer LED-Leuchte während eines kurzen, definierten Zeitraums eine erhöhte Lichtintensität erforderlich ist (mit einer bis zu 10-fachen Überblitzleistung)
- **Dauerstromversorgung**
Falls für die LED-Beleuchtung eine hochstabile konstante Stromversorgung erforderlich ist.
- **Steuerung bei Multi-Beleuchtungssystemen**
Bei Systemen mit Multi-Beleuchtungskonfigurationen, die eine Intensitätssteuerung und Hochgeschwindigkeitssynchronisierung (von Einzel- und Mehrfachtriggern) erfordern.
- **Ferngesteuerte Konfigurationsänderungen**
Bei Systemen, bei denen eine ferngesteuerte Einstellung von Beleuchtungssystemparametern von Vorteil ist, z.B. für ein effektiveres Einrichten bei der Systeminbetriebnahme

LEDs sind strombetriebene Systeme

Während LED-Leuchten entweder als 12V- oder 24V-Leuchten ausgeführt sind, handelt es sich bei den eigentlichen LEDs um Halbleitergeräte, deren Lichtstärke sich direkt aus dem durch das Gerät fließenden Strom ergibt und nicht aus der Spannung. Von allen LED-Herstellern wird darauf hingewiesen, dass für einen wirkungsvollen Einsatz eine Stromsteuerung erfolgen sollte.

In der Regel ist auf allen LED-Datenblättern angegeben, dass sehr kleine Änderungen der LED-Spannung zu großen Änderungen im LED-Strom führen und große Änderungen im LED-Strom zu großen Änderungen der ausgegebenen Lichtintensität führen. Daher wird bei den LED-Steuerungen z.B. von Gardasoft der Strom und nicht die Spannung reguliert, so dass die ausgegebene Lichtleistung stabil, genau geregelt und wiederholgenau ist.

Durch die Stromsteuerung wird eine genaue Steuerung der LED-Lichtleistung ermöglicht, wobei als zusätzlicher Vorteil für den Anwender das Überblitzen der Leuchten zur Erhöhung der Lichtleistung möglich ist.

2.0 Vorteile des Pulsbetriebs

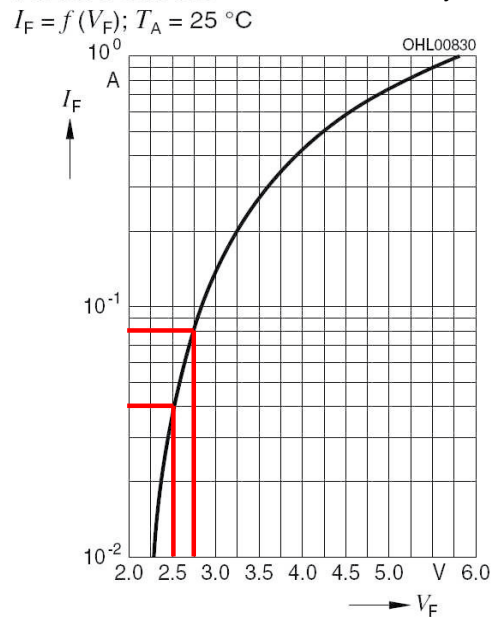
Die Beleuchtungssteuerungen von Gardasoft besitzen im Allgemeinen zwei Betriebsarten - Puls- oder Dauerbetrieb.

Dauerbetrieb

Bei Dauerbetrieb ist die Beleuchtung ständig eingeschaltet. Dies ist der einfachste Betriebsmodus, da die Beleuchtungsintensität der einzige Parameter ist, der eingestellt werden muss. Überblitzen ist nicht zulässig.

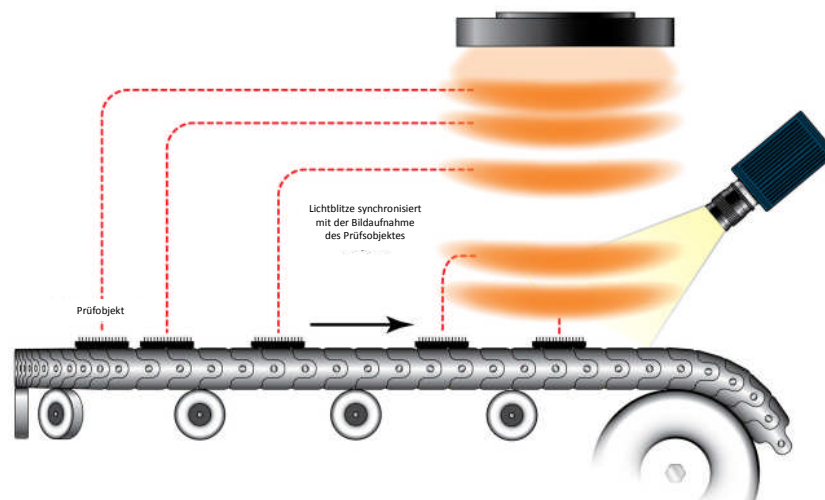
Durchlassstrom

Courtesy of OSRAM



Puls- bzw. Blitzbetrieb

Im Pulsbetrieb wird die Beleuchtung nur bei Bedarf eingeschaltet. Ist ein Puls erforderlich, erhält die Steuerung ein Triggersignal. Die Verzögerung zwischen dem Trigger und dem Ausgabepuls, die Pulslänge sowie die Pulsintensität sind alle konfigurierbar.



Mit dem Pulsbetrieb kann das Bild beweglicher Objekte eingefroren werden. Bei den Steuerungen von Gardasoft kann eine Feineinstellung des Pulstaktes erfolgen, der oft flexibler ist als der Kameratakt. Die Kamera kann auf eine längere Belichtungszeit eingestellt und das Licht kurzzeitig eingeschaltet werden, um die Bewegung einzufrieren.

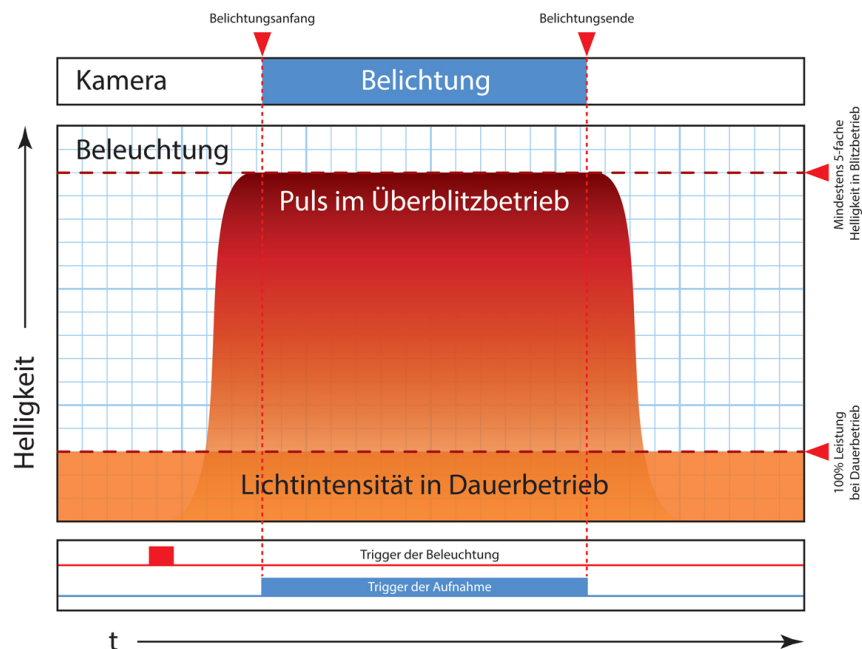
Das Blitzen der Beleuchtung ermöglicht ein "einfrieren" der Bewegung wie unten gezeigt ...

Unten, Glasflaschen werden auf Defekte in einer hoch-Geschwindigkeit Anlage untersucht. Hierfür wird eine Hintergrundbeleuchtung in Blitzbetrieb verwendet.



3.0 Überblitzen von LEDs

Bei dem angegebenen Stromnennwert erfolgt die Lichtausgabe von LEDs und LED-Leuchten mit 100% Helligkeit. Bei kurzzeitigem Betrieb mit einem höheren Stromwert kann jedoch eine höhere Helligkeit als 100% erzielt werden. Dieses Überblitzen kann in Verbindung mit der SafePower™ und SafeSense™-Technologie von Gardasoft einfach und vertrauensvoll erfolgen.



Das Überblitzen kommt in Verbindung mit gepulster Beleuchtung zum Einsatz und ist bei den meisten Bildverarbeitungsanwendungen von Vorteil. Davon ausgenommen sind Anwendungen, die längere Belichtungszeiten seitens der Kamera erfordern, wie z. B. die Bildverarbeitung mit Zeilenkameras.

Ein konstantes Beleuchtungssystem kann einfach in ein Pulsbeleuchtungssystem umgewandelt werden. Das Triggersignal für die Kamera wird an eine Beleuchtungssteuerung weitergesendet. Die Steuerung sorgt für einen präzisen Pulsweitentakt und regelt die Leistung und Helligkeit des Lichtpulses. Dadurch wird sichergestellt, dass die Lichtpulse bei der Kamerabelichtung und die Lichtenergie bei jedem Bild gleich sind.

3.1 Genaues Überblitzen von LED-Leuchten

Bei Anwendungen, bei denen die LEDs überblitzt werden sollen, ist die Stromregulierung besonders wichtig. Zum Überblitzen einer Leuchte um einen Faktor 2 wird der Strom verdoppelt. Zum Überblitzen der Leuchte um einen Faktor 5 wird der Strom um einen Faktor 5

erhöht. Mit einem spannungsbasierten Treiber lässt sich solch ein genaues Überblitzen jedoch nicht erzielen. Eine Spannungserhöhung ist nicht direkt proportional zu einer Stromerhöhung, so dass z. B. manche Leuchten für eine doppelt so hohe Helligkeit möglicherweise 28 V benötigen, während andere 40 V benötigen.

3.2 Sicheres Überblitzen von LED-Leuchten

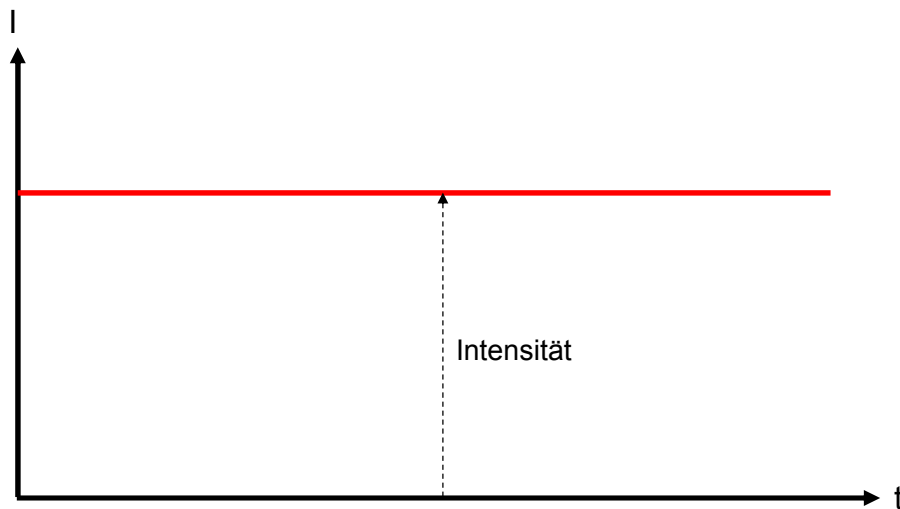
Ein genaues Überblitzen ist ein wichtiger Schritt nach vorne bei der LED-Beleuchtungssteuerung. Außerdem ist darauf zu achten, dass der Duty Cycle nicht zu hoch gewählt wird. Dies wird durch die patentierte SafeSense™-Technologie von Gardasoft sichergestellt. Beim Anschließen einer Leuchte wird von SafeSense™ ein sehr schnelles Prüfprogramm durchgeführt, mit dem der tatsächliche Nennwert des Lichts festgestellt wird. (Weitere Einzelheiten zu SafeSense™ sind in dem vorliegenden Dokument weiter unten ersichtlich).

4.0 Trigger-Steuerungen – mögliche Betriebsarten

Dieser Abschnitt behandelt die verschiedenen Trigger-Betriebsarten, die bei der RT-Baureihe der LED-Steuerungen möglich sind. Hierbei wird auch die typische Anwendung dieser Trigger-Betriebsarten in Bezug auf die Synchronisierung der Lichtausgabe mit der Kamera-Belichtungszeit besprochen.

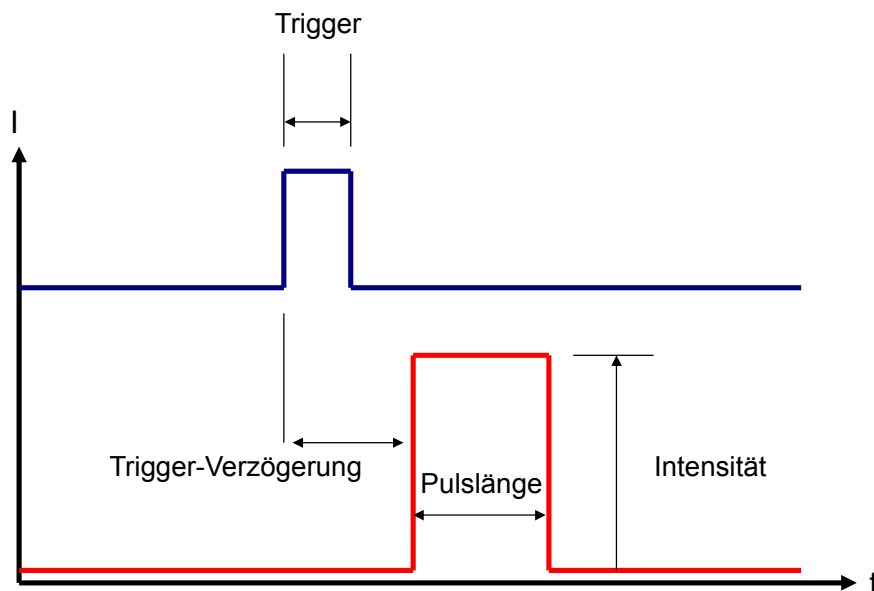
4.1 Dauerbetrieb

Hierbei erfolgt eine konstante Stromversorgung, ohne dass ein Triggersignal benötigt wird.



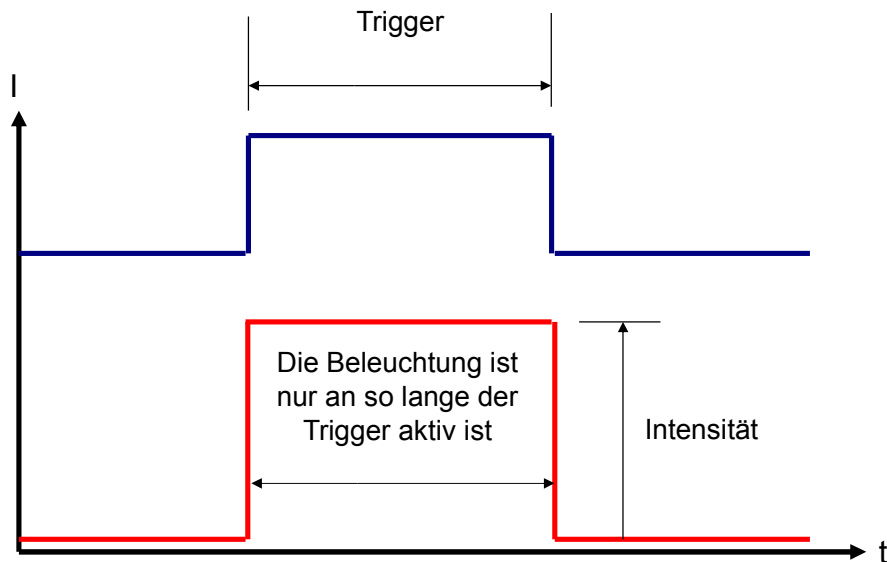
4.2 Pulsbetrieb

Hierbei erfolgt ein Einzelpuls, sobald ein Triggerpuls empfangen wird.



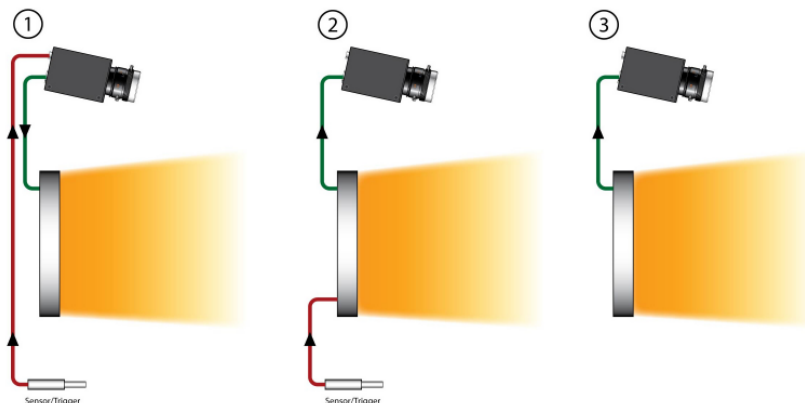
4.3 Switched-Modus

Hierbei erfolgt eine konstante Stromversorgung, solange das Triggersignal aktiv ist.



4.4 Optionen bei den Trigger-Topologien

Im nachstehenden Schema sind mehrere typische Kamera-Trigger-Topologien veranschaulicht. Von links nach rechts zeigt die Topologie 1 die klassische Trigger-Anordnung, wobei die Kamera durch einen Sensor am Anfang des Teilprozesses der Herstellung ausgelöst wird. Anschließend löst die Kamera die Beleuchtungssteuerung aus und beginnt mit der Aufnahme. Die Topologie 2 zeigt, wie die Beleuchtungssteuerung vom Sensor und anschließend die Kamera von der Beleuchtungssteuerung ausgelöst wird. Hierbei ist von Vorteil, dass die Beleuchtungssteuerung das Triggersignal filtern kann, bevor der Befehl an die Leuchte weitergegeben wird. Die Topologie 3 zeigt eine immer beliebtere Anordnung, bei der die Kamera ständig Bilder aufnimmt und die eingebaute Kamerasoftware nach entsprechenden Produkten Ausschau hält. Es ist kein externer Trigger vorhanden, und die Beleuchtungssteuerung leitet ein regelmäßiges Triggersignal an die Kamera. Als Alternative löst die Kamera ständig die Beleuchtungssteuerung aus.



5.0 Was bedeutet SafeSense™?

Mit der patentierten SafeSense-Technologie von Gardasoft kann die LED-Beleuchtung bei Bildverarbeitungsanwendungen sicher und genau angesteuert werden. Mit dieser Technik kann die Leistung von LED-Beleuchtungen optimiert und sichergestellt werden, dass die Beleuchtung nie über die zulässigen Stromnennwerte hinaus überblitzt werden kann. Durch Überblitzen von LEDs kann eine höhere Lichtausbeute erzielt werden, wobei SafeSense sichere Arbeitsgrenzwerte festlegt, die auf der Pulsweite und dem Duty Cycle beim Überblitzen beruhen, und somit vollen Schutz gewährt. Im Dauerbetrieb entspricht der maximal zulässige Ausgabestrom dem von SafeSense definierten Höchstnennwert.

Zur Lösung seiner Aufgaben bedient sich SafeSense folgender Techniken:

- Erkennt, wenn eine Leuchte angeschlossen wird
- Ermittelt den Stromnennwert der Leuchte
- Steuert die Leuchte innerhalb sicherer Grenzwerte
- Fehlerermittlung

Erkennt, wenn eine Leuchte angeschlossen wird

Die Steuerung funktioniert wie folgt:

- Ansteuerung der Leuchte mit einem Niedrigstrompuls
- Messung des Stroms, um festzustellen, ob eine Leuchte angeschlossen ist
- Wurden 10 Pulse erfolgreich gesendet, so ist die Erfassung abgeschlossen

Ermittelt den Stromnennwert der Leuchte

Stromnennwerte der Leuchte

Der Stromnennwert wird vom Anwender eingegeben. Dies kann an der Vorderseite des Geräts, auf Webseiten, im Konfigurationsprogramm oder im Applikationsprogramm erfolgen.

Spannungsnennwerte der Leuchte

Bei bekanntem Spannungsnennwert der Leuchte wird dieser einfach in den Konfigurator eingegeben und damit der Stromnennwert automatisch gemessen. Bei einigen Konfigurationen kann der Spannungsnennwert durch die Art des Steckverbinders an der Leuchte (12-36 V) bestimmt und dann der Strom wieder automatisch berechnet werden.

5.1 SafeSense™ – unerlässlich beim Überblitzen

Steuerung der Leuchte innerhalb sicherer Grenzwerte. Die Steuerung begrenzt die Parameter in Abhängigkeit der in der nachstehenden Tabelle angegebenen Grenzwerte. Kundenspezifische Grenzwerte können ab Werk in den Steuerungen vorgegeben werden.

Überblitzen	Zulässige Pulsweite	Zulässiger Duty Cycle
Bis 100%	1S	100%
Bis 200%	30mS	15%
Bis 300%	10mS	10%
Bis 500%	2mS	5%
Bis 1000%	1mS	2%

5.2 Fehlerermittlung

Der an der Leuchte anliegende Strom und die Spannung werden ständig überwacht. Die ermittelten Fehler sind wie folgt:

- Open circuit** - Die Leuchte ist vom Netz getrennt
- Short circuit** - Ein Verdrahtungsfehler liegt vor
- Voltage high** - Ein LED- oder Verdrahtungsfehler in der Leuchte
- Current low** - Zur Steuerung des benötigten Stroms ist eine zu hohe Spannung erforderlich.

6.0 Was bedeutet SafePower™?

Die LED-Beleuchtungssteuerungen RT von Gardasoft sind mit SafePower™-Technologie ausgestattet. Die Vorteile von SafePower sind:

- Die Wärmeabgabe in der Steuerung ist sehr niedrig.
- Die Belastungsspannung kann höher sein als die Versorgungsspannung.
- Flexiblere Wahl der Versorgungsspannung
- Hohe Dauerströme können ohne Kühlung der Steuerung abgegeben werden.

SafePower arbeitet automatisch in allen Betriebsarten (Dauer, Puls, Switched und Selected), ohne dass der Anwender das Gerät konfigurieren muss.

Die Gardasoft RT-Serie ist standardmäßig mit SafePower ausgestattet. Dadurch wird die Versorgungsspannung so eingestellt, dass das Gerät am wirkungsvollsten arbeitet. Bei den RT-Steuerungen wird der an der Beleuchtung anliegende konstante Strom noch analog reguliert, wodurch sich eine sehr stabile Leistungsabgabe ergibt.

Bei hoher Leistung arbeitet SafePower mit einem Wirkungsgrad von etwa 80% bis 95%.

7.0 Erweiterte und kundenspezifische Steuerungsfunktionen

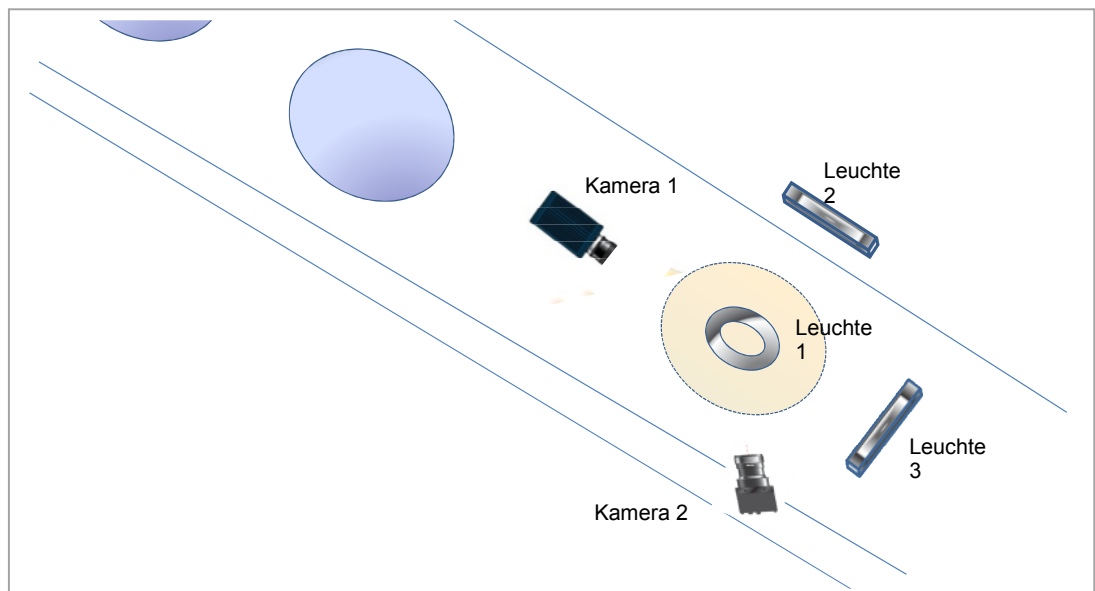
Für einige Kunden stellt Gardasoft kundenspezifische Steuerungseigenschaften zur Verfügung. Einige dieser Eigenschaften sind sehr spezifisch und andere sind allgemeiner anwendbar.

7.1 Verschiedene Pulsintensitäten für einzelne Kanäle

Ein Beispiel dieser Kundenanpassung ist die Sonderfunktion "S15", die jetzt in verschiedenen Steuerungen vorhanden ist. Bei dieser Firmware-Funktion wird bei jedem Trigger eine Reihe von Pulsen verschiedener Intensität an verschiedenen Kanäle ausgegeben. Nach Beendigung der Sequenz wird wieder von vorne begonnen. Die Sequenzlänge, die verschiedenen Intensitäten sowie die Pulsweite pro Kanal sind konfigurierbar.

Über einen Eingang werden die Lichtimpulse ausgelöst, während über einen anderen die Sequenz zurückgesetzt wird, um sicherzustellen, dass das System in einem Synchronzustand beginnt. Mit einem Ethernet-Befehl kann die Sequenz ebenfalls zurückgesetzt werden.

Ein Beispiel für ein System, bei dem dies zum Einsatz kommen könnte, könnte eine Maschine sein, die Abmessungen misst und scheibenförmige Produkte auf Oberflächenfehler und Verunreinigungen hin untersucht.

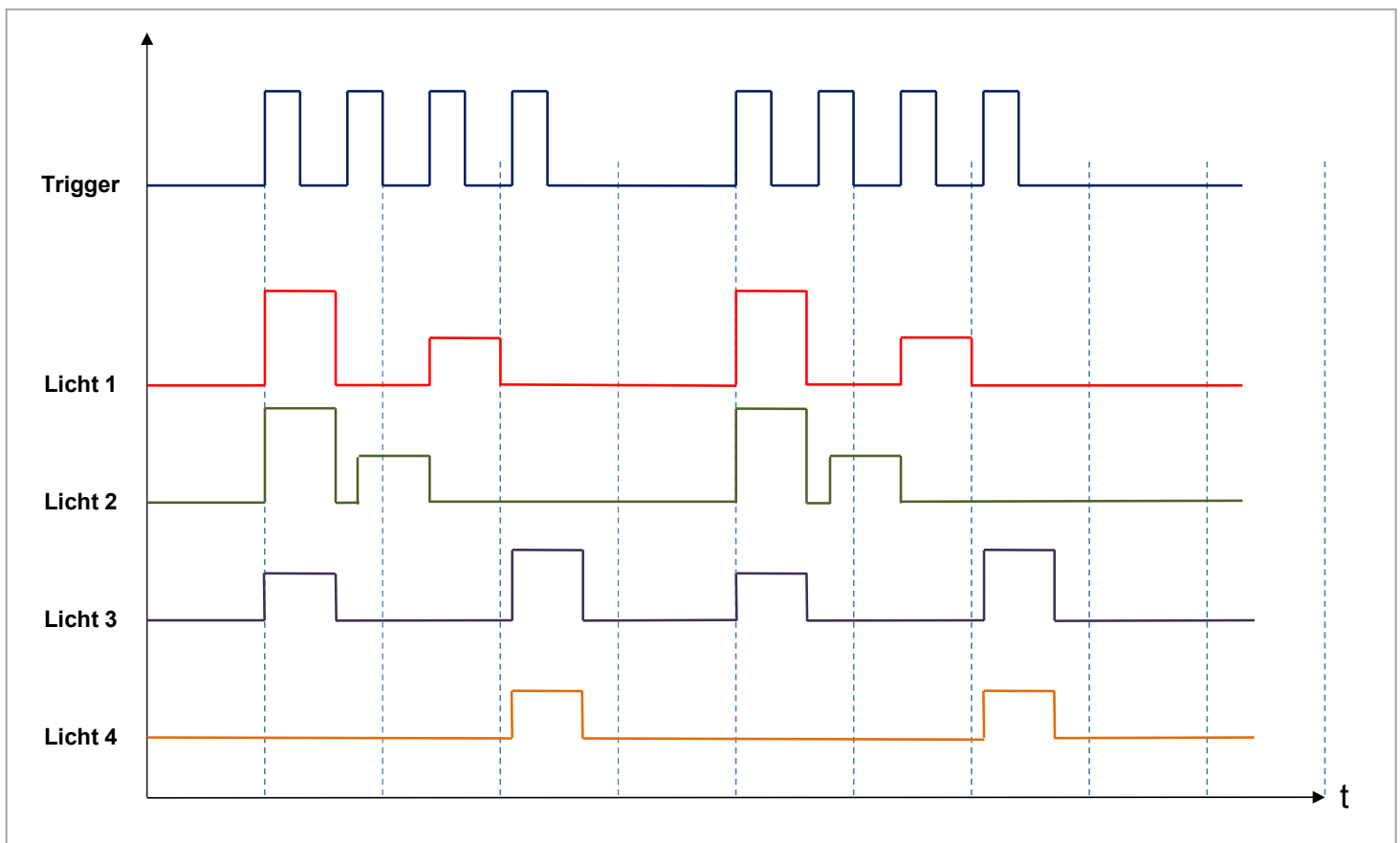


Leuchte 1	Frontlicht
Leuchte 2	Dunkelfeldbeleuchtung oben
Leuchte 3	Dunkelfeldbeleuchtung unten

Mit diesen Leuchten werden vier Bilder eines Bauteils aufgenommen:

- Bild 1 Leuchten 1, 2 und 3 zur Messung von Abmessungen, Kamera 1 ausgelöst
- Bild 2 Leuchte 2 mit halber Leistung zur Ermittlung von Oberflächenfehlern, Kamera 1 ausgelöst
- Bild 3 Leuchte 1 mit niedriger Leistung zur Ermittlung von Verunreinigungen, Kamera 1 ausgelöst
- Bild 4 Leuchte 3 mit halber Leistung zur Ermittlung von darunterliegenden Eigenschaften, Kamera 2 ausgelöst

Die Funktionsweise ist so wie in dieser Skizze dargestellt. Die Beleuchtungssteuerung wird für jede Bildaufnahme einmal ausgelöst. Bei jeder Auslösung wird eine unterschiedliche Kombination von Leuchten pulsiert, um vier Bilder mit verschiedenen Beleuchtungsschemata aufzunehmen. Sobald das nächste Prüfteil erscheint, wiederholt sich die Sequenz.



Mit Gardasofts CC320 Trigger-Timing-Controller können die Triggerung der Kameras und der Beleuchtungssteuerung kontrolliert und weitere Signale wie z.B. Teilesensor, Förderbandencoder und Ausschussweiche integriert werden.

Mit der Funktion S15 kann rotes, grünes und blaues Licht nacheinander gepulst und damit aus drei Monochrombildern ein Farbbild aufgebaut werden.

8.0 Wozu dienen die LED-Beleuchtungssteuerungen von Gardasoft?

8.1 Schnelles Pulsieren bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen

Sämtliche Steuerungsgeräte von Gardasoft ermöglichen ein Hochgeschwindigkeitspulsieren mit schnellem Blitzen der LED-Leuchten. Die Schnellpulsausführungen der RT-Serie und PP-Serie verfügen über eine Mindestpulsdauer von 1µS.







Bei jeder Bildverarbeitungsanwendung sind der Durchsatz und die EPS (Einheiten pro Stunde) von entscheidender Bedeutung. Bei den heutigen Hochgeschwindigkeitskameras und der Datenerfassungstechnik ist es unerlässlich, dass die Beleuchtung diese Hochgeschwindigkeitsanforderungen erfüllt.

Die LED-Blitzsteuerungen von Gardasoft bieten sehr schnelles Pulsieren in der gesamten Produktpalette und stellen dadurch sicher, dass die Beleuchtung nicht zum limitierenden Faktor wird, wenn es auf einen hohen Durchsatz ankommt.

8.2 Hochleistung bei der neuesten Generation der LED-Technik

Die LED-Technik und Materialwissenschaft haben sich in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt. Die neuesten LEDs, die über große Helligkeit und hohe Lichtintensität verfügen, bieten inzwischen Lösungen für jene Anwendungen, bei denen sie früher nicht mit Glühlampen- oder anderen Beleuchtungstechniken mithalten konnten. Die heutigen Hochleistungs-LEDs treiben die Entwicklung stark voran. Bei diesen Hochleistungs-LEDs werden Hochleistungssteuerungen benötigt. Mit der Produktpalette von Gardasoft werden diese immer höheren Anforderungen erfüllt.

Mit den Blitzsteuerungen von Gardasoft können Pulse von bis zu 20A pro Kanal realisiert werden. Somit steht eine LED-Blitzsteuerung zur Verfügung, mit der diese neuen LED-Techniken in vollem Umfang genutzt werden können.

-  **LEDs sind strombetriebene Geräte, die Steuerungen von Gardasoft sind Stromsteuerungen**
-  **Präzise Steuerung beim Überblitzen von LED-Leuchten, wodurch sich eine besonders hohe Helligkeit ergibt**
-  **Mit SafeSense™ stehen sichere, zuverlässige Überblitztechniken zur Verfügung**
-  **Extrem schnelles Pulsieren / Blitzen bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen**
-  **Hochleistungs-Steuerungen für die neuesten LED-Technologien mit hoher Helligkeit**
-  **Verschiedene Schnittstellenoptionen (Tastschalter, RS232, Ethernet)**

8.3 Drei verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten

Alle Steuerungen der RT-Serie von Gardasoft können über RS232 oder Ethernet konfiguriert werden, wobei bei der RT200-Serie die zusätzliche Möglichkeit eines Betriebs über Tastschalter an der Vorderseite des Geräts besteht. Über Ethernet kann mit einem Web-Browser auf die internen Webseiten der RT-Serie zugegriffen werden, auf denen der Status angesehen und Parameter geändert werden können.

Die RT-Serie kann auch mit einfachen Stringbefehlen konfiguriert werden, die von einem Anwendungsprogramm über RS232, TCP/IP oder UDP gesendet werden. Auf der Webseite von Gardasoft Vision 'gardasoft.com' kann ein Demonstrationsprogramm (mit vollständig kommentierter Quelle) gratis heruntergeladen werden, in dem gezeigt wird, wie die Steuerungen der RT-Serie von einem PC aus mit C++ gesteuert werden können. Die Konfiguration wird in einem nichtflüchtigen Speicher hinterlegt und ermöglicht so einen schlüsselfertigen Betrieb.

The screenshot shows a web browser window displaying the configuration page for an RT220-20 LED Lighting Controller. The page title is "RT220-20 LED Lighting Controller - Channel 1 Configuration" and it identifies the hardware as "(HW002) V019, serial number 412801". The configuration parameters are as follows:

Mode:	Pulse
Trigger:	Trigger 1
Brightness (%):	100.0
Brightness 2 (Selected Mode) (%):	0.0
Pulse Delay:	20.0us
Pulse Width:	1.000ms
Retrigger Delay:	1.020ms
Flags:	Error Detect <input checked="" type="checkbox"/> Pos Trigger <input checked="" type="checkbox"/> Autosense Enabled <input checked="" type="checkbox"/>

At the bottom of the configuration area, there is a "Click to update" label and a "Submit" button.

Gardasoft Produktauswahl

Steuerung	Anzahl der Kanäle	max. Strom			Timing	LED-Sicherheit	Leichte Integration	Schnittstelle		
		Continuous	Pulse	Auflösung	minimale Pulslänge	SafeSense™	SafePower™	Tastschalter	Ethernet	RS232
RT-Serie (erweiterte Funktionen)										
RT200-20	2	3A	20A	5mA	20µS	•	•	•		
RT200F-20	2	3A	20A	5mA	1µS	•	•	•		
RT220-20	2	3A	20A	5mA	20µS	•	•		•	
RT220F-20	2	3A	20A	5mA	1µS	•	•		•	
RT260-20	2	3A	20A	5mA	20µS	•	•			•
RT260F-20	2	3A	20A	5mA	1µS	•	•			•
RT420-20	4	3A	20A	5mA	20µS	•	•		•	
RT420F-20	4	3A	20A	5mA	1µS	•	•		•	
RT460-20	4	3A	20A	5mA	20µS	•	•			•
RT460F-20	4	3A	20A	5mA	1µS	•	•			•
RT820F-2	8	3A	2A	1.0mA	1µS	•	•		•	
RT820F-20	8	3A	20A	5mA	1µS	•	•		•	
RT860F-2	8	3A	2A	1.0mA	1µS	•	•			•
RT860F-20	8	3A	20A	5mA	1µS	•	•			•
RC-Serie										
RC-100	1	1A	1A	1.5mA	100µS	•	•	•		
RC-120	1	1.2A	2A	1.5mA	100µS	•	•	•	•	
PP-Serie (standard Funktionen)										
PP500	2	2A	10A	2.5mA	20µS	•		•		
PP500F	2	2A	10A	2.5mA	1µS	•		•		
PP520	2	2A	10A	2.5mA	20µS	•		•	•	
PP520F	2	2A	10A	2.5mA	1µS	•		•	•	
PP600	2	4A	10A	0.25mA / 2.5mA	20µS			•		
PP600F	2	4A	10A	0.25mA / 2.5mA	5µS			•		
PP610	2	4A	10A	0.25mA / 2.5mA	20µS			•		•
PP610F	2	4A	10A	0.25mA / 2.5mA	5µS			•		•
PP420	4	2A	10A	2.5mA	20µS	•			•	
PP420F	4	2A	10A	2.5mA	1µS	•			•	
PP820	8	2A	20A	100mA	1µS				•	
PP821	8	2A	2A	10mA	1µS				•	
PP822	8	2A	5A	25mA	1µS				•	
PP820C	8	2A	20A	5mA	1µS				•	
PP821C	8	2A	2A	0.5mA	1µS				•	
PP822C	8	2A	5A	1.5mA	1µS				•	
PP860	8	2A	20A	100mA	1µS					•
PP861	8	2A	2A	10mA	1µS					•
PP862	8	2A	5A	25mA	1µS					•
PP860C	8	2A	20A	5mA	1µS					•
PP861C	8	2A	2A	0.5mA	1µS					•
PP862C	8	2A	5A	1.5mA	1µS					•
PP1620	16	2A	20A	6mA	1µS				•	
PP1621	16	2A	2A	1mA	1µS				•	
PP1660	16	2A	20A	6mA	1µS					•
PP1661	16	2A	2A	1mA	1µS					•
PPCC1620	16 + 8 trigger o/ps	2A	20A	6mA	1µS				•	
PPCC1621	16 + 8 trigger o/ps	2A	2A	1mA	1µS				•	
PPCC1660	16 + 8 trigger o/ps	2A	20A	6mA	1µS					•
PPCC1661	16 + 8 trigger o/ps	2A	2A	1mA	1µS					•