

3D-Bildverarbeitung drastisch vereinfacht: Einkanalcontroller steuert LED-Ringlicht im Segmentmodus

Neue digitale Regelungstechnologie bricht mit analogen Einschränkungen



Abstract

LED-Ringlichter sind universelle Standardbeleuchtungen für viele Anwendungsfälle der Bildverarbeitung. Erweiterte Möglichkeiten ergeben sich beim Einsatz von segmentierten Ringlichtern besonders für die 3D-Bildverarbeitung. Wegen des großen Hardwareaufwands wurden diese Art Beleuchtungen bisher jedoch nur vereinzelt eingesetzt. Eine neue Technologie revolutioniert jetzt die segmentierte Ringlichtbeleuchtung durch Ansteuerung mit einem einzigen Einkanalcontroller. Daraus resultieren zahlreiche Vorteile, neue Einsatzmöglichkeiten und Sparpotentiale.

Einführung

Licht steht als Informationsgeber von Bildern und als erstes Glied in der Signalkette der Bildverarbeitung an exponierter Position. Dort beeinflusst es grundlegend die Zuverlässigkeit und Sicherheit, Genauigkeit, Arbeitsaufwand und Kosten von Bildverarbeitungslösungen. Das sind schwerwiegende Kriterien, die Anlass geben, dieses Thema aufzugreifen und am Beispiel der Funktion und des Einsatzes von segmentierten Ringlichtern zu bearbeiten.

LED-Ringlichter sind beliebte Beleuchtungskomponenten für zahlreiche Anwendungsfälle der Bildverarbeitung. Sie eignen sich vor allem dann als Beleuchtungskomponente, wenn homogen ausgeleuchtet werden soll. Reduziert man die Leuchtfläche auf ein Ringsegment, so kann die Richtwirkung einzelner Sektoren gezielt ausgenutzt werden. Die auf den ersten Blick einfache Anwendung von Ringbeleuchtungen zeigt jedoch bei genauerer Betrachtung, dass es eine Reihe von Einflussfaktoren gibt, mit denen man gezielt das Beleuchtungsergebnis verändern kann. Diese bieten einen breiten Spielraum für die aktive Gestaltung des Beleuchtungsergebnisses und damit auch für das Ergebnis der Bildverarbeitungsprüfung.

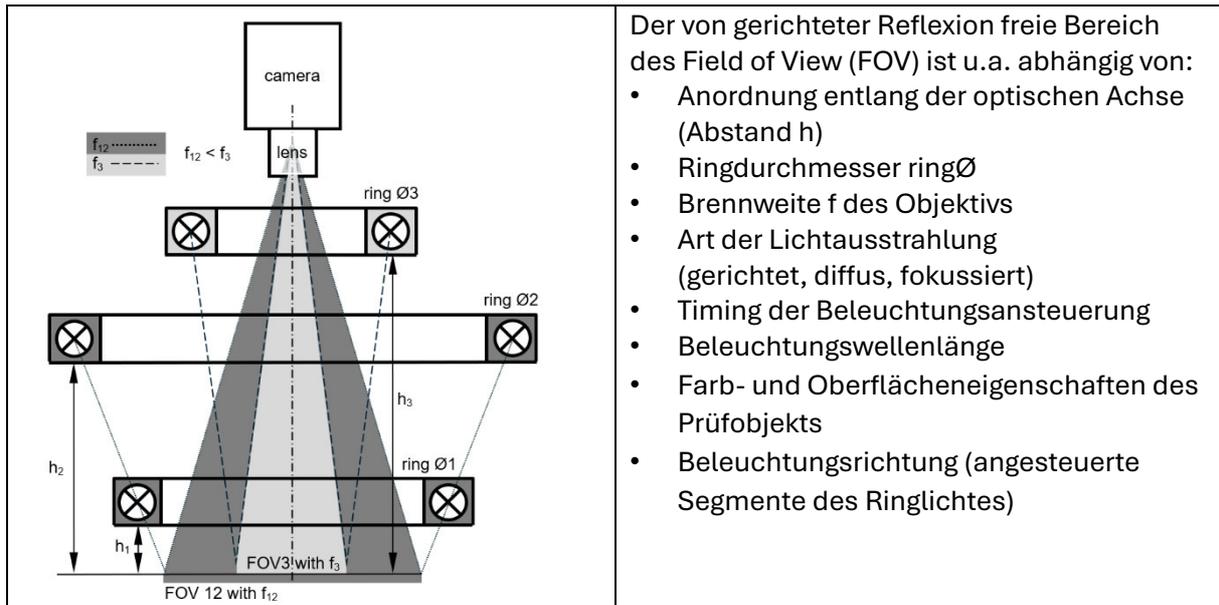


Bild 2: Einflussfaktoren von Ringlichtbeleuchtungen auf die Bildausleuchtung

Der von gerichteter Reflexion freie Bereich des Field of View (FOV) ist u.a. abhängig von:

- Anordnung entlang der optischen Achse (Abstand h)
- Ringdurchmesser $\text{ring}\varnothing$
- Brennweite f des Objektivs
- Art der Lichtausstrahlung (gerichtet, diffus, fokussiert)
- Timing der Beleuchtungsansteuerung
- Beleuchtungswellenlänge
- Farb- und Oberflächeneigenschaften des Prüfobjekts
- Beleuchtungsrichtung (angesteuerte Segmente des Ringlichtes)

Um mit Ringlichtern richtungsbezogene Lichtinformationen für die Bildverarbeitung erzeugen zu können (Einflussfaktor „Beleuchtungsrichtung“), wird der Ring in fest verdrahtete Beleuchtungssegmente unterteilt (typischerweise 4 oder 8, andere Einteilungen sind möglich). Die Ansteuerung und Synchronisation der Kamera mit den x Segmenten erfolgt dann separat für jedes Segment durch einen LED-Controller oder durch einen LED-Mehrkanalcontroller. Nachteilig sind dabei

- der x -fach erhöhte Platzaufwand
- die x -fach benötigte Hardware (x Controller, x Kabel)
- der x -fache Arbeitsaufwand für Installation und Einbindung in die Steuerungssoftware
- eine schwierige Synchronisation von Trigger, Kamera und Beleuchtung.

Vor allem diese Nachteile machten es bisher schwer und teuer, richtungsbezogene Lichtinformationen, generiert durch Segmentringlichter, in der Breite für Bildverarbeitungsaufgaben nutzbar zu machen.

Analogtechnik kann Grenzen nicht überschreiten

Aktuelle und zukunftsweisende Automatisierungssysteme der Industrie 4.0 basieren auf digitaler Technik. Zahlreiche Daten werden benötigt und erzeugt und müssen im Timing präzise zur Verfügung stehen. Hinzu kommt, dass in industriellen Fertigungsprozessen zunehmend in Bewegung geprüft wird, um den Durchsatz zu erhöhen. Daher muss auch die Lichtsteuerung schnell, mit Präzision und reproduzierbar erfolgen. Die im Bereich der Beleuchtungssteuerung noch weit verbreiteten Analogtechnik ist für diese Anforderungen nicht geeignet und muss deshalb ersetzt werden.

Im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde die lumiSENS-Technologie mit dem Ziel entwickelt, die für innovative Beleuchtungen notwendige Signalverarbeitung auf digitales Niveau zu heben. Die Beseitigung systembedingter Mängel analoger LED-Controller eröffnete gleichzeitig zahlreiche neue, bisher nicht realisierbare digitale Features. Der neue

digitale Ansatz setzt darauf, durch sehr schnelle digitale Regelungsalgorithmen ein Maximum an Langzeitstabilität, Konstanz der Leistungsdaten sowie ein präzises Timing zu erreichen.

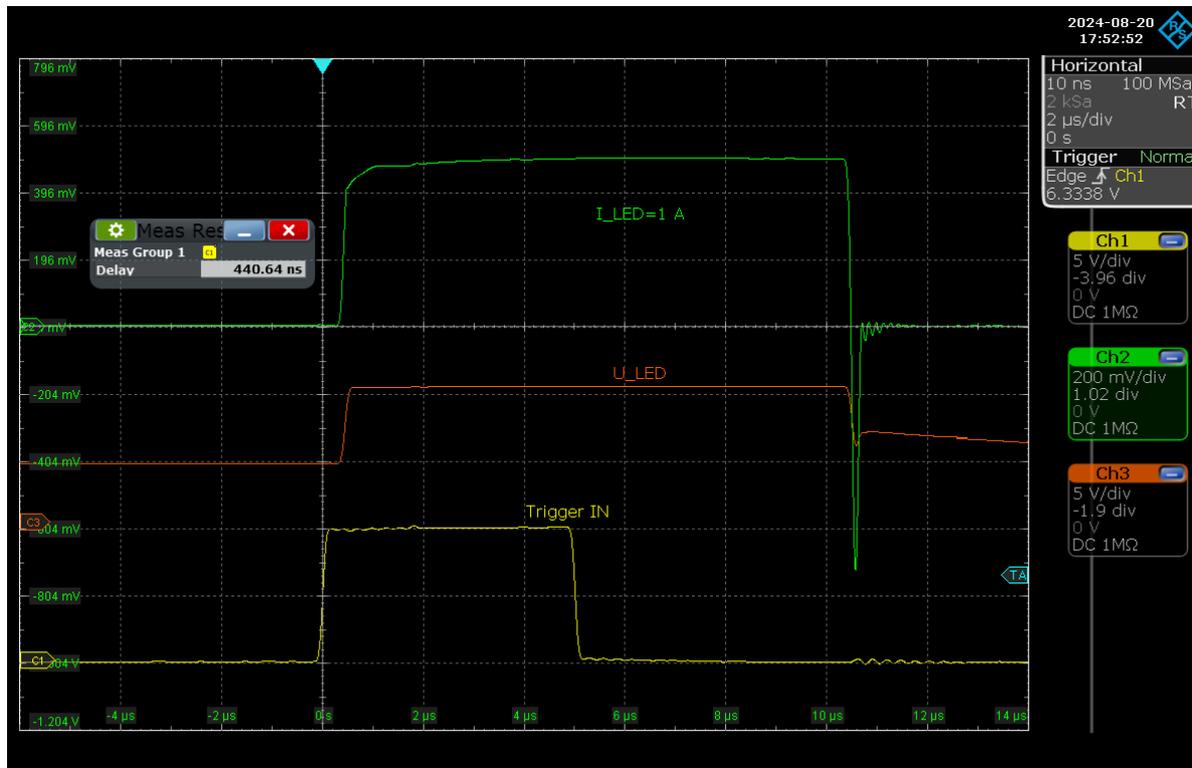


Bild 3: Timing und Signalqualität einer digital geregelten LED-Ringbeleuchtung mit Kabellänge 200mm zwischen Beleuchtung und Controller: Der Strompuls von 1A und 10 μ s Länge, erzeugt 440 ns nach der Trigger-L-H-Flanke überschwingfrei den Lichtpuls. Signaljitter: 5,13 ns. Alle Parameter sind wiederholbar einstellbar und langzeitstabil.

Grundlegendes Entwicklungsziel war, dass sich mit dem Controller Dauerbetrieb, Pulsbetrieb (=Blitzbetrieb) und Segmentbetrieb realisieren lassen.

Bedingt durch die steile Strom-/Spannungskennlinie von LEDs, werden die einzelnen LED-Segmente mit einer FPGA-basierten Plug & Play-Technologie digital stromgeregelt angesteuert. Das garantiert die maximale Konstanz von 99% (Puls zu Puls) und Langzeitstabilität der Lichtmenge. Sie ermöglicht geringes Jitter von <6 ns sowie die hochgenaue und reproduzierbare Synchronisation zwischen Trigger, Bildaufnahme und Beleuchtungspuls in 20 ns Schritten.

Voraussetzung zum Erreichen dieser Kennwerte ist die ständige Kommunikation von LED-Controller und Beleuchtung. Diese liefert die im integrierten Light-Sensor-Processor engmaschig erfassten Betriebsparameter der Beleuchtung (Strom, Spannung, Temperatur, Helligkeit) an den Controller. Zur Vermeidung von Überlastung werden diese Daten kontinuierlich mit den im digitalen Typenschild der Beleuchtung hinterlegten Grenzwerten und Kennlinienfeldern verglichen. Bei Überschreitungen wird gewarnt bzw. abgeschaltet. Das maximiert die LED-Lebensdauer. Dieses Condition Monitoring der Betriebsdaten erlaubt es, die Beleuchtungen langfristig schadfrei und mit maximalem Output an Lichtleistung bis an ihre physikalische Belastungsgrenze arbeiten zu lassen. Weitere Schutzfunktionen unterstützen den Anwender bei der Installation gegen Falschparametrierung und Überlastung.



Bild 4: Condition Monitoring von LED-Beleuchtungen: Auf dem Display des Controllers können die Betriebsdaten abgelesen oder per API an die Maschinensteuerung übertragen werden.

Die durchgängig digitale Technologie ermöglicht die exakt reproduzierbare Einstellung aller elektrischen, lichttechnischen und zeitlichen Parameter. Zur Integration der Ringbeleuchtung in Maschinensteuerungen können Betriebsparameter über WLAN per Webinterface, App oder API eingestellt werden. Zusammengefasst liegen Sie als digitaler Datensatz vor, der die Beleuchtung vollumfänglich beschreibt. Auf Grundlage dieses Datensatzes lassen sich erstmalig digitale Beleuchtungskclone mit identischen Eigenschaften realisieren. Mit dieser Eigenschaft sind LED-Beleuchtungen Industrie-4.0-fähig geworden.

Schnelle Segmentumschaltung mit bis zu 10 kHz

Um ein Ringlicht im Segmentmodus betreiben zu können, muss der digitale LED-Einkanal-Beleuchtungscontroller vollständig die Kontrolle über die Triggerung der Kamera und die Synchronisation der Ansteuerung der Segmente der Ringbeleuchtung übernehmen. Dazu muss vorab „parametriert oder eingestellt“ werden, welche Segmentkombination in den einzelnen



Schritten leuchten soll. Die Folge der einzelnen Schritte ergibt eine Sequenz. Diese kann maximal aus 16 Schritten bestehen und sowohl im Einzelschrittbetrieb als auch im Automatikbetrieb ablaufen.

Einzelschrittbetrieb bedeutet, dass jeder Triggerpuls aus der Maschinensteuerung einen Sequenzschritt startet. Im Automatikbetrieb startet ein Triggerpuls den Ablauf der gesamten Sequenz.

Standardmäßig werden die LED-Controller per App parametriert. Sind LED-Beleuchtungen in Maschinen verbaut, bietet eine App die komfortable Möglichkeit, alle Beleuchtungsparameter über WLAN remote einzustellen und zu testen.

Bild 5: Parametrierung der Segmentkombinationen eines Segmentringlichtes per App.

Die Ablaufgeschwindigkeit der Sequenz sollte die maximale Framerate moderner CMOS-Kameras nicht beschränken. Nur so können fortschrittliche Beleuchtungstechniken zur neigungsmessenden Bildauswertung (Shape from Shading, photometrisches Stereo) 3D-Bilddaten in Echtzeit liefern. Gleichzeitig ist es aber notwendig, dass von den einzelnen

Segmenten zeitlich und lichtenergetisch identische Lichtpulse erzeugt werden. Auch hier wird wieder die digitale Regelungstechnik aktiv und erreicht Segmentumschaltfrequenzen von 10 kHz bei konstanter Lichtenergie von Segment zu Segment sowie präziser Synchronisation.

Diese Voraussetzungen führen dazu, dass sich mit dieser Technologie erstmals das enorme Dynamik- und Geschwindigkeitspotenzial moderner CMOS-Kameras vollständig auch für schnell bewegte Teile ausnutzen lässt. Das eröffnet viele Vorteile und Möglichkeiten.

Viele Vorteile für Maschinenbau und Automatisierung

Die Vorteile der innovativen Technologie sind zahlreich:

- nahtlose Integration von LED-Beleuchtungen in die Steuerungstechnik
- Prozessprüfzeiten werden minimiert
- fortschrittliche Auswertetechnologien werden ökonomisch umsetzbar
- starke Kosteneinsparungen (bis zu 1/8 der Hardwarekosten)
- Hardwareaufwand (mehrere Controller, Kabel) sinkt drastisch
- Sicherheit und Zuverlässigkeit steigt durch weniger Komponenten (Kabel, Controller)
- Platzersparnis in Schaltschrank und Maschine
- die digitale Präzision ermöglicht exakt wiederholbare Einstellungen
- Einrichten, Installation, Wartung innerhalb kürzester Zeit
- Alle in der Maschine verbauten Controller aus einer App zu bedienen
- Serienmaschinenbauer können sich selbst identische Beleuchtungskclone erstellen
- die Beleuchtungslösung wird als integraler Bestandteil der Automatisierungslösung

Applikationsbeispiel: Fotometrisches Stereo an Pharmaverpackung

Abhängig vom Lichteinfall entstehen auf der Oberfläche von Prüfobjekten Schatten, die auf „Berge“ oder „Täler“ hinweisen. Die Helligkeitsverläufe der Schatten geben Aufschluss über die Steilheit und Richtung der Höhenunterschiede der Übergänge. Je nach Auflösung des Systems können große, aber auch sehr kleine Änderungen, Unebenheiten oder Oberflächenfehler erkannt werden.

Betrachtet wird im Beispiel die Braille-Schrift (Blindenschrift) auf einer Pharmaverpackung, überlagert durch Bedruckung und Lichteinflüsse. Die Beleuchtung erfolgt mit einem Segmentringlicht. Für die Auswertung wichtig ist, dass die Braille-Schrift unabhängig von der Bedruckung der Schachtel maschinenlesbar ist.

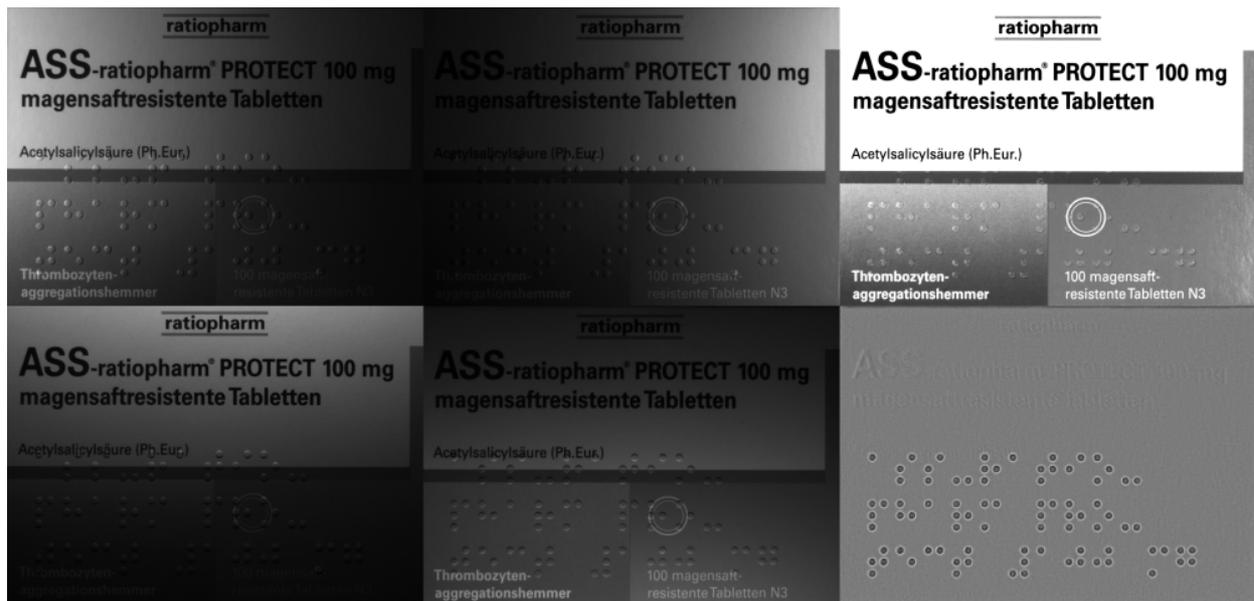


Bild 6: Von links oben nach rechts unten:

- 2D-Grauwertbild, Segment links eingeschaltet
- 2D-Grauwertbild, Segment rechts eingeschaltet
- 2D-Grauwertbild mit gesamt leuchtendem Ringlicht
- 2D-Grauwertbild, Segment oben eingeschaltet
- 2D-Grauwertbild, Segment unten eingeschaltet
- 3D-Neigungsbild, Erhebungen der Dots sind völlig unabhängig von der Bedruckung lesbar.

Fazit

Endlich hat die Digitalisierung der Signalkette der Bildverarbeitung auch die Beleuchtung erreicht. Digitale Beleuchtungstechnologien sorgen dafür, dass Bildverarbeitung leistungsfähiger, einfacher und zuverlässiger wird. Darüber hinaus werden neue, bisher unbekannte Features für Beleuchtungen möglich, die mit klassisch analoger Ansteuerung nicht möglich sind. Die Digitalisierung der Beleuchtung stellt damit einen neuen Booster für Machine Vision dar.

Autor: Ingmar Jahr, evotron GmbH & Co. KG

Alle Bildrechte liegen bei der evotron GmbH & Co. KG.