

CCD-Zeilenkamera Digital s/w SK7500CTO

7500 Pixel, 7x7µm, 40 MHz Pixelfrequenz, CameraLink-Interface

- 1 CCD-Zeilenkamera SK7500CTO montiert mit:
- 1.1 Modular-Fokusadapter
- 2 Objektiv



Charakteristik:

- Digitalkamera 8 / 12 Bit
- sehr lichtempfindlich
- Zeilenfrequenz bis 5,20 kHz
- hohe Dynamik
- rauscharm
- CameraLink-Schnittstelle
- Gehäuse (BxHxT) 82mmx82mmx95mm

Zubehör (Optional)

Kabelsatz



für Zeilenkameras mit CameraLink-Schnittstelle der Serien CTO, CSD, CPD, CPT, CJR, CJRC bestehend aus Steuerkabel und Stromversorgungskabel.

1. Steuerkabel: 26-polig, geschirmt, beidseitig mit Mini D Ribbon-Steckverbinder (male, 26-polig).

SK9018.5 MM **Bestell-Code**

- MM= Stecker beidseitig (male)
- 3 = 3 m Kabellänge
- 5 = 5 m (Standardkabellänge)
- x = kundenspezifisch

2. Stromversorgungskabel: 6-polig geschirmt, mit Steckverbinder Lumberg SV60 (6-polig, male) und Steckverbinder Hirose HR10A (6-polig, female).

SK9015.5 MF **Bestell-Code**

- MF= Stecker male / female
- 3 = 3 m Kabellänge
- 5 = 5 m (Standardkabellänge)
- x = kundenspezifisch

Stromversorgung



PS 051515 **Bestell-Code**
Input: 100-240 VAC, 0,8A, 50/60Hz, Eingangsbuchse nach IEC 320 (3-polig).
Output: 5VDC/2,5A, 15VDC/0,5A, -15VDC/0,3A, Ausgangsbuchse Lumberg KV60 (6-polig, female)

Software



SK91CL-WIN **Bestell-Code**
SKCLConfig: Steuerungsprogramm für CCD-Zeilenkameras mit CameraLink-Schnittstelle (alle Grabber)
SkLinScan®: Betriebsprogramm mit oszilloskopischer Signaldarstellung und Scan-Funktion für MicroEnable III.

Objektive

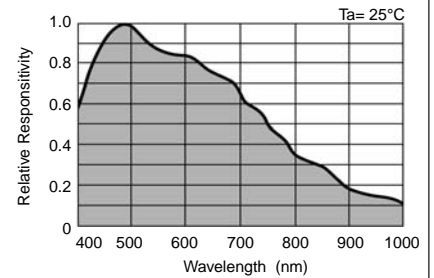


Hochauflösende Vergrößerungs- und Makro-Objektive.
 Zwischenringe: ZR-L25, ZR-L60, ZR-L87.
 Filter: zur Unterdrückung von Fremdlicht.

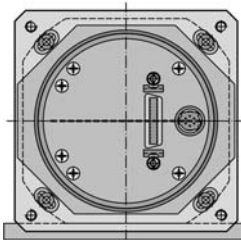
Technische Daten

Kameratyp	SK7500CTO
Bestell-Code	SK7500CTO
Sensor:	CCD linear
Typ:	TCD 1703 AC
Pixelanzahl:	7500
Pixelgröße:	7x7µm
Pixelabstand:	7µm
Zeilenbreite:	7µm
Aktive Länge:	52,50 mm
Pixelfrequenz:	40 MHz
Zeilenfrequ. max:	5,20 kHz
Zeilenfrequ. min:	0,05 kHz
Integrationszeit min:	0,192 ms
Integrationszeit max:	20,0 ms
Dynamikbereich:	1:750
Spektralbereich:	400-900 nm

Spektrale Empfindlichkeit



Steuereingänge: MasterCock (optional)
 StartOfScan
 Ausgangssignal: LVAL
 Video Signal: 8/12 Bit digital
 Interface: CameraLink
 Spannungsvers.: +5 V, +15 V
 Leistungsaufnahme: 2,7 W



Steckverbinder:
 Daten: Mini D Ribbon, 26pin-female
 Power: Hirose Serie HR10A, 6pin-male

Arbeitstemperatur.: + 5°C ... + 45 °
 Gehäuse (B x H x T): 82mm x 82mm x 95mm
 Gewicht: 0,7 kg
 Objektivanschluß: M 39 x 1/26"

Inhalt:	Seite	
Charakteristik, Technische Daten, Zubehör.....	1	Belichtung, Integration Control, Synchronisation, Bildgenerierung....
Hinweise für den Betrieb der Kamera.....	2	Blooming.....
Anschluß, Steuersignale.....	3	Maßbilder.....
Interface.....	4	Objektiv-Auswahlkriterien.....
Timing-Diagramm.....	5	Sensordaten.....
Steuerungsprogramm, Gain/Offset, Kamerabefehle.....	6	Hinweise, Garantie, EU-Konformitätserklärung.....

1. Technische Daten der CTO-Kameraserie

Kameratyp	SK7500CTO
Sensor:	CCD linear, 2-kanalig
Typ:	TCD 1703 AC
Pixelanzahl:	7500
Pixelgröße:	7x7µm
Pixelabstand:	7µm
Zeilenbreite:	7µm
Aktive Länge:	52,50 mm
Anti-Blooming	nein
Integration Control	nein
CDS 1)	ja
Pixelfrequenz:	40 MHz
Zeilenfrequenz max:	5,20 kHz
Zeilenfrequenz min:	0,05 kHz
Integrationszeit min:	0,192 ms
Integrationszeit max:	20 ms 2)
Dynamikbereich:	1:750
Spektralbereich:	400-900 nm
Videosignal	8 / 12 Bit
Schnittstelle	CameraLink
Spannungsversorgung:	+5V, +15V
Stromaufnahme	2,7 W
Objektivanschluß	M39 x 1/26"
Gehäuse (B x H x T):	82 mm x 82 mm x 95 mm
Gewicht:	0,7 kg
Arbeitstemperatur:	+5°C ... +45°C

1) CDS = Correlated Double Sampling. Technologie zur Rauschminderung bzw. Erhöhung der Lichtempfindlichkeit.

2) Längere Integrationszeiten sind technisch möglich, verschlechtern aber das Signal-Rauschverhältnis.

2. Hinweise für den Betrieb der CameraLink-Zeilenkamera

Die erfolgreiche Arbeit mit der Zeilenkamera setzt eine gewissenhafte Justage des gesamten optischen Systems voraus. Zu beachten sind dabei die Ausrichtung der Beleuchtung, die Fokusslage des Objektivs, die Blendeneinstellung und sowie die senkrechte Anordnung der Sensorachse zur Meßobjektachse bzw. zur Bewegungsrichtung des zu scannenden Objekts.

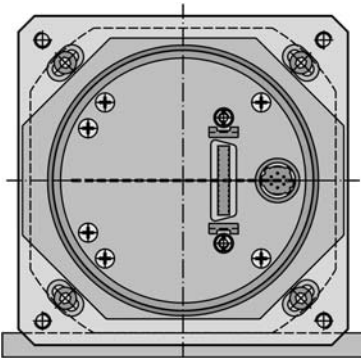
Für den Betrieb der Kamera ist ein Grabber erforderlich, der den CameraLink-Standard erfüllt. Der Grabber liefert die Start-OfScan(SOS)-Signale und steuert damit die Belichtungszeit und die Zeilenfrequenz der Kamera.

Mit dem Steuerungsprogramm **SkCLConfig** lassen sich weitere Kameraparameter wie Gain, Offset und Pixelfrequenz über die serielle Schnittstelle des CameraLink-Interfaces einstellen. Das Programm benutzt dafür die clser***.dll, die allen CameraLink-Grabbern beiliegt. Für die Entwicklung von Applikationssoftware ist das SDK des Grabberherstellers zu nutzen.

Schäfter+Kirchoff setzt als Referenzgrabber den microEnable III der SiliconSoftware GmbH ein. Für diesen Grabber wird im Softwarepaket das Betriebsprogramm **SkLineScan®** mitgeliefert. Die oszilloskopische Darstellung des Zeilenkameranalsignals mit Zoom-Funktion und Online-Parametrierung der Kamera ist ein wichtiges Werkzeug für die Einrichtung des optischen Systems. Auf Kundenwunsch wird das SkLineScan-Programm auch an andere CameraLink-Grabber angepaßt.

Die Kamera wird werkseitig abgeglichen und mit Standardeinstellungen für Gain und Offset ausgeliefert. Die Gain- und Offset-Werte sind über die Software veränderbar. Dabei ist zu beachten, daß zu starke Änderungen von Gain und Offset die Signalqualität beeinträchtigen können. Die zuletzt eingestellten Gain/Offset-Werte werden in der Kamera gespeichert und sind beim nächsten Anschluß der Kamera wieder aktiv.

3. Anschluß und Steuersignale



Steckverbinder:

Daten:
Mini D Ribbon,
26pin-female

Power:
Hirose Serie HR10A,
6pin-male

Spannungsversorgung

+ 5 V ± 5% ca. 300 mA (20 MHz Clock)
ca. 430 mA (40 MHz Clock)

+15 V ± 5% ca. 35 mA



Signal	Pin	Signal	Pin
+ 15 V	1	+ 5 V	4
+ 15 V	2	GND	5
+ 5 V	3	GND	6

Steckerbelegung

Mini D Ribbon 26 pin female

Signal	Pin	Pin	Signal
GND	1	14	GND
X0-	2	15	X0+
X1-	3	16	X1+
X2-	4	17	X2+
Xclk-	5	18	Xclk+
X3-	6	19	X3+
SerTC+	7	20	SerTC-
SerTFG-	8	21	SerTFG+
CC1-	9	22	CC1+
CC2+	10	23	CC2-
CC3-	11	24	CC3+
CC4+	12	25	CC4-
GND	13	26	GND

Steuersignale

Input Control Signale:

Die CCD-Zeilenkamera benötigt zum Betrieb die Steuersignale "Clock" (MCLK) und "Start Of Scan" (SOS). Das Clock-Signal wird intern durch einen 40-MHz-Oszillator erzeugt. Alternativ kann dieser durch einen Frequenzteiler auf 20MHz eingestellt werden. Das Clock-Signal kann optional auch extern eingespeist werden.

Die Kameraelektronik reagiert auf die Flanken dieser Signale, die dementsprechend "sauber" sein sollten.

Die Frequenz des "Start of Scan" Signals bestimmt die Anzahl der Zeilen pro Sekunde. Bei der positiven Flanke dieses Signals gelangen die angesammelten Ladungsträger aller Pixel in das analoge Schieberegister des Zeilensensors und werden im Takt des Clocksignals ausgelesen.

Die Frequenz des Clock-Signals bestimmt die Geschwindigkeit, mit der die Ladungsträger der einzelnen Pixel eines Zeilensensors am Videoausgang der Kamera erscheinen. Bei jeder positiven Flanke gelangen die Ladungsträger des nächsten Pixel zum Video-Ausgang.

Die Clock und "Start of Scan" Signale brauchen nicht synchronisiert zu werden. Die Clockfrequenz sollte so gewählt werden, daß zwischen zwei aufeinanderfolgenden "Start of Scan" Signalen genügend Clockpulse anliegen, um die Zeilenkamera auszulesen. Die SK 7500 CTO-Kamera benötigt für das vollständige Auslesen eines Zeilenscans 7680 Clockpulse. Eine größere Anzahl von Clockpulsen bereitet keine Probleme.

MCLK: Master-Clock in: bestimmt die Frequenz des Pixeltransportes 40 MHz max.

SOS: Start of Scan: 30 ns minimale Pulslänge.
Mit der Frequenz des SOS Signals wird die Zeilenfrequenz der Kamera geregelt.
Die ansteigende Flanke des SOS Signals bestimmt den Beginn des Auslesevorgangs. Die Ladungsträger innerhalb des Sensors werden in die Analog-Transportregister parallel zur Sensorzeile überführt.

4. Interface

Camera Control

Signal Name	I/O	Typ	Beschreibung
TRIG1	I	RS644	CC1 - Synchronisationseingang (SOS)
TRIG2	I	RS644	CC2 - Start Integrationsperiode im dual synchro mode (nur Kameras mit Integration Control)
CLK_IN	I	RS644	CC3 - Externer Pixeltakt (optional)

I= Input, O= Output, IO= Bi-Direktional, P= Power/Ground, NC= nicht verbunden,
Hinweis: CC4 wird nicht verwendet

Video Data

Für die Übertragung der High-Speed-Videodaten von der Kamera zum Frame Grabber sind die differentiellen LVDS-Signale X0-X3 und XCLK reserviert. Die Videodaten werden zwischen Kamera und Grabber in mehreren seriellen Kanälen übertragen. Die Grundlage des seriellen Protokolls bildet der Channel Link-Chipsatz von National Semiconductor. Der CameraLink-Standard definiert die Pixel-Signalnamen, die Beschreibung des Signalpegels sowie die Steckerbelegung und die Pinbelegung des Chips.

Signal Name	I/O	Typ	Beschreibung
D[0-11]	O	RS644	Pixel Data, 00= LSB, 11= MSB
STROBE	O	RS644	Output Data Clock, Daten sind bei steigender Flanke gültig
LVAL	O	RS644	Line Valid, aktiv High Signal

I= Input, O= Output, IO= Bi-Direktional, P= Power/Ground, NC= nicht verbunden,
Hinweis: FVAL, wie im CameraLink-Standard definiert, wird hier nicht verwendet. FVAL ist ständig auf 0(Low)-Pegel gesetzt. DVAL wird nicht verwendet. DVAL ist ständig auf 1(High)-Pegel gesetzt. Bei Single-Output werden die Daten auf ODD ausgegeben (multiplex).

Bit-Zuweisungen 12-Bit-Daten (F12)

Bit	DS90CR285 Pin Name	Bit	DS90CR285 Pin Name	Bit	DS90CR285 Pin Name	Bit	DS90CR285 Pin Name
D 0	Tx0	D 7	Tx5	NC	Tx19	NC	Tx14
D 1	Tx1	D 8	Tx7	NC	Tx20	NC	Tx10
D 2	Tx2	D 9	Tx8	NC	Tx21	NC	Tx11
D 3	Tx3	D 10	Tx9	NC	Tx22	STROBE	TxCLK
D 4	Tx4	D 11	Tx12	NC	Tx16	LVAL	Tx24
D 5	Tx6	NC	Tx15	NC	Tx17		
D 6	Tx27	NC	Tx18	NC	Tx13		

Bit-Zuweisungen 8-Bit-Daten (F8)

Bit	DS90CR285 Pin Name	Bit	DS90CR285 Pin Name	Bit	DS90CR285 Pin Name	Bit	DS90CR285 Pin Name
D 0	Tx0	D 7	Tx5	NC	Tx19	NC	Tx14
D 1	Tx1	NC	Tx7	NC	Tx20	NC	Tx10
D 2	Tx2	NC	Tx8	NC	Tx21	NC	Tx11
D 3	Tx3	NC	Tx9	NC	Tx22	STROBE	TxCLK
D 4	Tx4	NC	Tx12	NC	Tx16	LVAL	Tx24
D 5	Tx6	NC	Tx15	NC	Tx17		
D 6	Tx27	NC	Tx18	NC	NC		

Die Bit-Zuweisungen sind konform mit der CameraLink-Spezifikation in der Basis-Konfiguration

Serielle Kommunikation

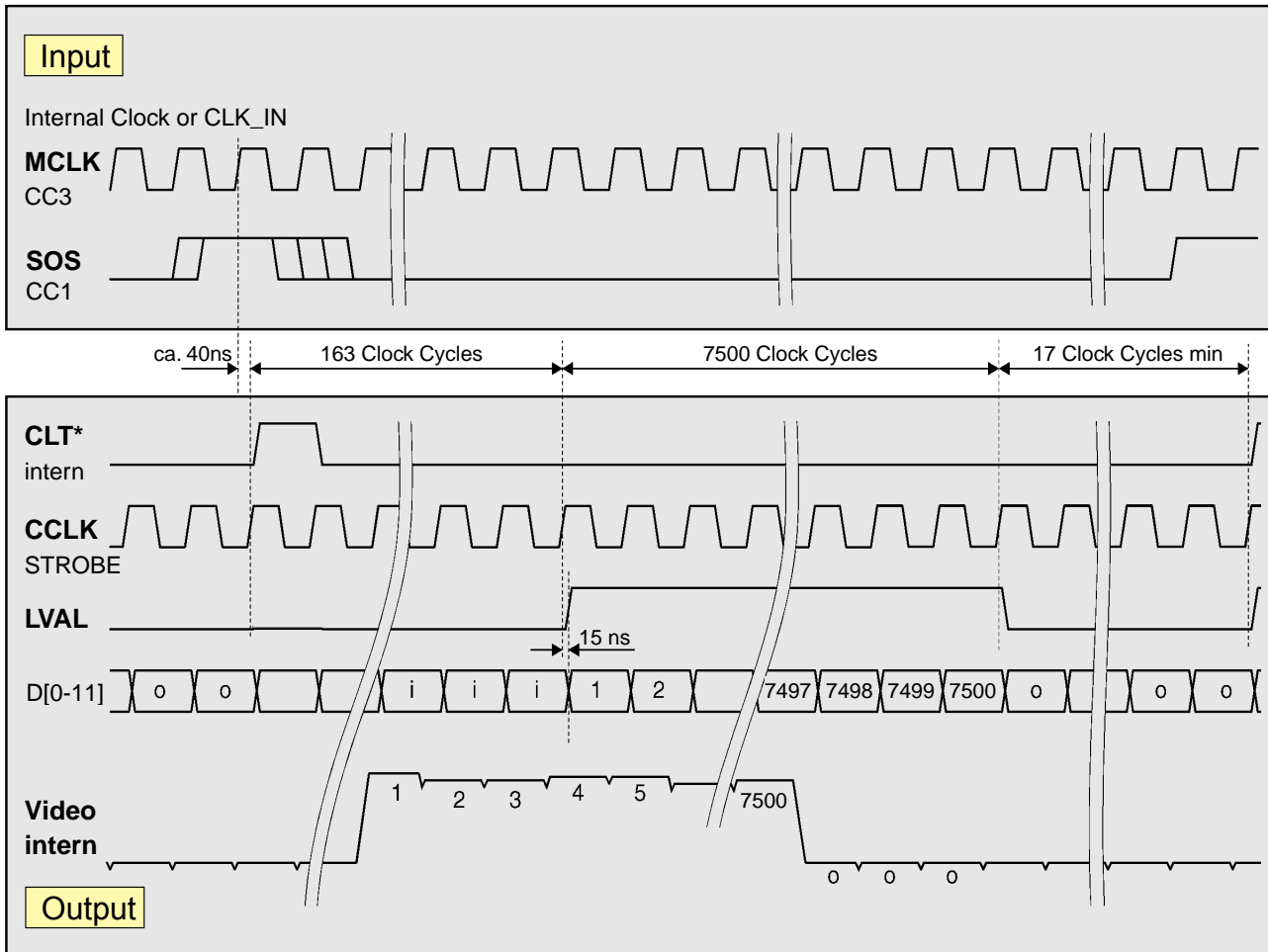
Signal Name	I/O	Typ	Beschreibung
SerTFG	O	RS644	Differential-Paar für serielle Kommunikation zum Frame Grabber
SerTC	O	RS644	Differential-Paar für serielle Kommunikation vom Frame Grabber

Die CameraLink-Schnittstelle unterstützt zwei LVDS-Signalleitungen für die Kommunikation zwischen Kamera und Frame Grabber. Diese asynchrone serielle Kommunikation basiert auf dem RS232-Protokoll.

Die Konfiguration der seriellen Leitung ist:

- Voll Duplex / ohne Handshake
- 9600 Bauds, 8-Bit-Daten, kein Paritäts-Bit, 1 Stop-Bit

5. Timing-Diagramm



* CLT = Camera Line Transfer (internes Zeilenkamasignal)

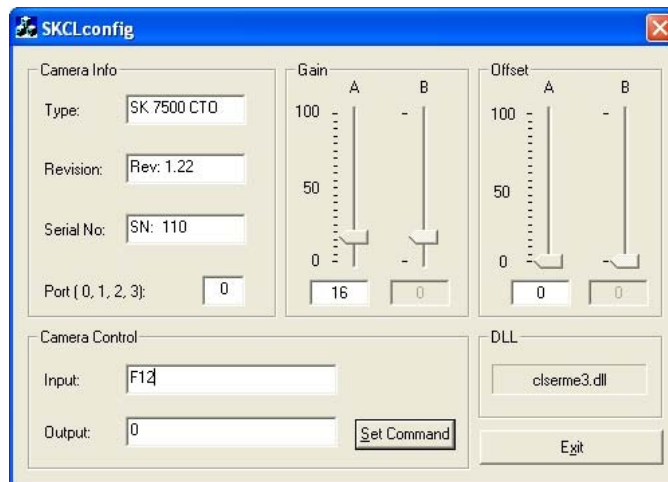
Die Schwarzwertpixel befinden sich 7 bis 103 Pixel vor Pixel Nr. 1.

- i = Isolation Pixels
- o = Overclocking

6. Steuerungsprogramm SKCLConfig

Das Steuerungsprogramm SKCLConfig ist ein Tool zur Programmierung der CameraLink-Kamera und deren Statusabfrage. Es kommuniziert mit der Kamera über die serielle Schnittstelle des CameraLink-Interfaces. Das Programm nutzt dafür die clser***.dll, welche bei der Grabber-Installation in das Systemverzeichnis eingetragen wird. Der DLL-Name beginnt mit dem Standard 'clser' und enthält spezifische Zeichen des Grabberherstellers (***). Da die Befehle in der DLL standardisiert sind, arbeitet das Programm mit jedem Grabber, der den CameraLink-Standard erfüllt. Sind mehrere clser***.dll's auf dem Rechner installiert, benutzt das Programm die erste gefundene DLL. Der DLL-Name wird angezeigt.

Nach dem Start werden Informationen über Typ, Revision und Seriennummer der Kamera abgefragt. Im Feld "Type" muß der Kameraname erscheinen.



Gain / Offset - Einstellung

Nach dem Start des SKCLConfig-Programms werden die Schieber für Gain und Offset entsprechend den ausgelesenen Werten der Kamera positioniert. Mit den Schiebern können die Gain- und Offset-Werte verändert werden. Dabei sollte die Signalintensität der Kamera beobachtet werden, da zu starke Änderungen von Gain und Offset die Signalqualität beeinträchtigen können.

Die Kamera wird mit optimaler Gain/Offset-Einstellung ausgeliefert. Sollte dennoch eine neue Einstellung erforderlich sein, ist wie folgt vorzugehen:

1. Offset:

Das Videosignal bei abgedunkeltem Sensor mit Offset-Regler A auf nahe 0 einstellen. Das Zeilensignal sollte noch sichtbar sein.

2. Verstärkung:

Den Sensor leicht überbelichten. Mit dem Gain-Regler A den Begrenzungspunkt des Videosignals auf etwa '255' (8 Bit-Daten) oder höher einstellen.

Bei Kameras mit zweikanaligem Sensor werden die 'B'-Regler automatisch aktiviert. Die Intensitäten von geraden und ungeraden Pixeln sind bestmöglich anzugleichen.

Kamerabefehle

Befehl	Rückmeldung	Beschreibung
Gxxx<CR>	0=ok, 1= not ok	Gain setzen 6 - 36 dB / single or even Gain (xxx= 0-639)
Bxxx<CR>	0=ok, 1= not ok	Gain setzen 6 - 36 dB / odd Gain (xxx= 0-639)
Oxxx<CR>	0=ok, 1= not ok	Offset setting / single or even offset (xxx= 0 - 255)
Pxxx<CR>	0=ok, 1= not ok	Offset setting / odd offset (xxx= 0 - 255)
F8<CR>	0=ok, 1= not ok	Output Format: 8 Bit Daten
F12<CR>	0=ok, 1= not ok	Output Format: 12 Bit Daten
C20<CR>	0=ok, 1= not ok	Pixel Clock: 20 MHz
C40<CR>	0=ok, 1= not ok	Pixel Clock: 40 MHz
K<CR>	SK7500CTO<CR>	SK-Typennummer abfragen
R<CR>	Rev1.20<CR>	Revisionsnummer abfragen
S<CR>	SNr00140<CR>	Seriennummer abfragen
I<CR>	SK7500CTO<CR> Rev1.20<CR> SNr00140<CR>	Kameraidentifikation auslesen

7. Belichtung und Integration Control

Die Kamera SK7500CTO hat eine maximale Zeilenfrequenz von 5,20 kHz. Der programmierbare Bereich für die Belichtungsperiode beträgt 0,19 ms bis 20,0 ms.

Für die Programmierung der minimalen Belichtungsperiode bzw. der maximalen Zeilenfrequenz muß das Zeitintervall zwischen zwei SOS-Signalen mindestens $N = 7500$ Pixeltakte zu züglich sensorabhängiger passiver Pixeltakte N_P lang sein. Bei der SK7500CTO - Kamera sind dies 180.

Die Auslesegeschwindigkeit wird durch die Pixelfrequenz (MCLK) bestimmt.

Die Belichtungszeit T_E einer Kamera berechnet sich mit:

$$T_E = \frac{(N + N_P)}{fp}$$

Die Zeilenfrequenz ergibt sich aus:

$$f_L = 1 / t_E$$

Beispiel: SK7500CTO
40 MHz Pixelfrequenz

$$t_E = (7500 + 180) / 40 \text{ MHz}$$

$t_E = 0,192 \text{ ms}$

$$f_L = 40 \text{ MHz} / (7500 + 180)$$

$f_L = 5,20 \text{ kHz}$

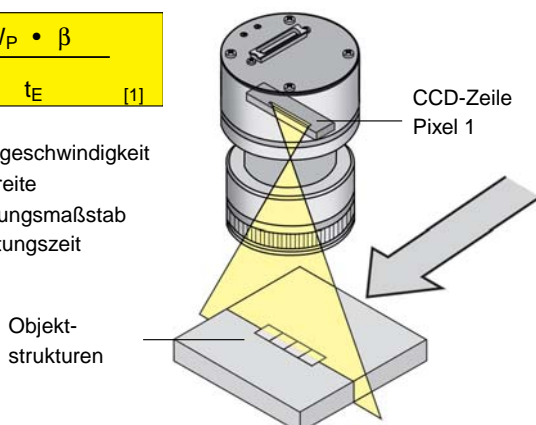
8. Bildgenerierung

Ein zweidimensionales Bild entsteht durch Bewegung des Objekts oder der Kamera. Die Transportrichtung verläuft dabei senkrecht zur Sensorachse der CCD-Zeilenkamera.

Eine proportionale Abbildung im richtigen Bildseitenverhältnis erfordert einen zeilensynchronen Transportvorschub.

$$V_O = \frac{W_P \cdot \beta}{t_E} \quad [1]$$

V_O = Objektgeschwindigkeit
 W_P = Pixelbreite
 β = Abbildungsmaßstab
 t_E = Belichtungszeit



Technische Details zur Belichtung:

Die lichtempfindlichen Elemente des Sensors speichern Ladungsträger, die in einem bestimmten Zeitintervall durch einfallendes Licht erzeugt werden. Die akkumulierten Ladungen werden in Spannungen umgewandelt. Die Spannungswerte sind das Maß für die eingefallene Lichtintensität in den einzelnen Pixeln.

Die **Integrationszeit** ist das Zeitintervall, in dem die Ladungsträger akkumuliert werden.

Die **Belichtungsperiode** T_E ist die Zeit, in der die Ladungsträger vollständig in das Schieberegister des Zeilensensors ausgelesen werden (auch Belichtungszeit). Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden positiven Flanken des SOS-Signals bestimmt die Belichtungsperiode.

Die maximale Zeilenfrequenz ergibt sich aus $f_{L \max} = 1/T_E$. Kameras mit **Integration Control**-Funktion können die Integrationszeit in einer Belichtungsperiode verkürzen (Shutter). Die Zeilenfrequenz wird dadurch nicht erhöht, da die Belichtungsperiode konstant bleibt.

Integration Control (SK 2048 CSD - Kamera)

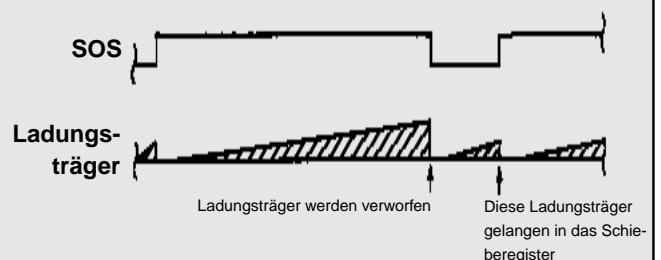
Im Normalbetrieb der Kamera ist das SOS-Signal zwischen zwei Belichtungszyklen nur wenige Pixeltakte auf "High". Die Integrationszeit und Belichtungszeit sind quasi gleich lang.

Die Integration Control - Funktion gestattet die Verlängerung des "High"-Pulses im SOS-Signal um eine programmierbare Anzahl von Pixeltakten. Damit wird in einem Belichtungszyklus der Beginn der Ladungsakkumulation verzögert.

Die Integrationszeit t_A verkürzt sich auf die Differenz der in einem Belichtungszyklus notwendigen Mindestanzahl von Pixeltakten $(N + N_P)$ und der programmierten Anzahl von Takten für die Verlängerung des "High"-Pulses im SOS-Signal (SOSL). Die Zeilenfrequenz wird durch die Integration Control-Funktion nicht beeinflusst.

$$t_A = \frac{(N + N_P) - \text{SOSL}}{fp}$$

Wirkungsweise der Integration Control Funktion



9. Blooming

Blooming

Wenn Pixel aufgrund starker Belichtung keine Ladung mehr aufnehmen können, also gesättigt sind, geben sie bei weiterer Belichtung ihre überschüssige Ladung an nachfolgende Pixel ab. Dieser Effekt wird Blooming genannt. Das Blooming führt zu einer Verfälschung der geometrischen Zuordnung von Bild und Objekt im Zeilensignal.

CCD-Zeilencameras mit Anti-Blooming-Sensor leiten bei Überbelichtung den Ladungsüberschuß über ein "Drain Gate" ab. Nachfolgende weniger belichtete Pixel werden nicht mehr aufgefüllt. Die Signalstrukturen bleiben auch bei Überbelichtung positionsgenau erhalten.

Die CCD-Zeilencameras der CTO-, CJR und DJR-Serien haben keine Anti-Blooming-Sensoren. Durch ihren inneren Aufbau verfügen sie dennoch über einen Überbelichtungsschutz. CTO-, CJR und DJR-Kameras können etwa 3,8-fach überbelichtet werden, ohne daß der Sensor bloomt.

Das Bild **1** zeigt das Zeilensignal einer SK2048DJRI-Kamera mit mittenbetonter Ausleuchtung. Zur besseren Veranschaulichung des Blooming-Effekts wurde die Sättigungsspannung des Sensors VSAT auf etwa 90% der maximalen ADU-Spannung eingestellt. Dadurch wird auch bei Überbelichtung die mit 8 Bit digitalisierte Signalintensität nicht den Maximalwert 255 erreichen. Im mittleren Bereich befindet sich der Sensor kurz vor der Sättigung.

Der Zoom-Bereich aus Bild **1** ist in Bild **2** abgebildet. Die Integrationszeit t_A beträgt hier 0,634 ms.

In Bild **3** wurde die Integrationszeit auf 2,419 ms erhöht. Erst jetzt beginnt der Sensor zu bloomen. Die Signalfanke verschiebt sich nach rechts, weil überschüssige Ladungsträger die nachfolgenden Pixel überschwemmen.

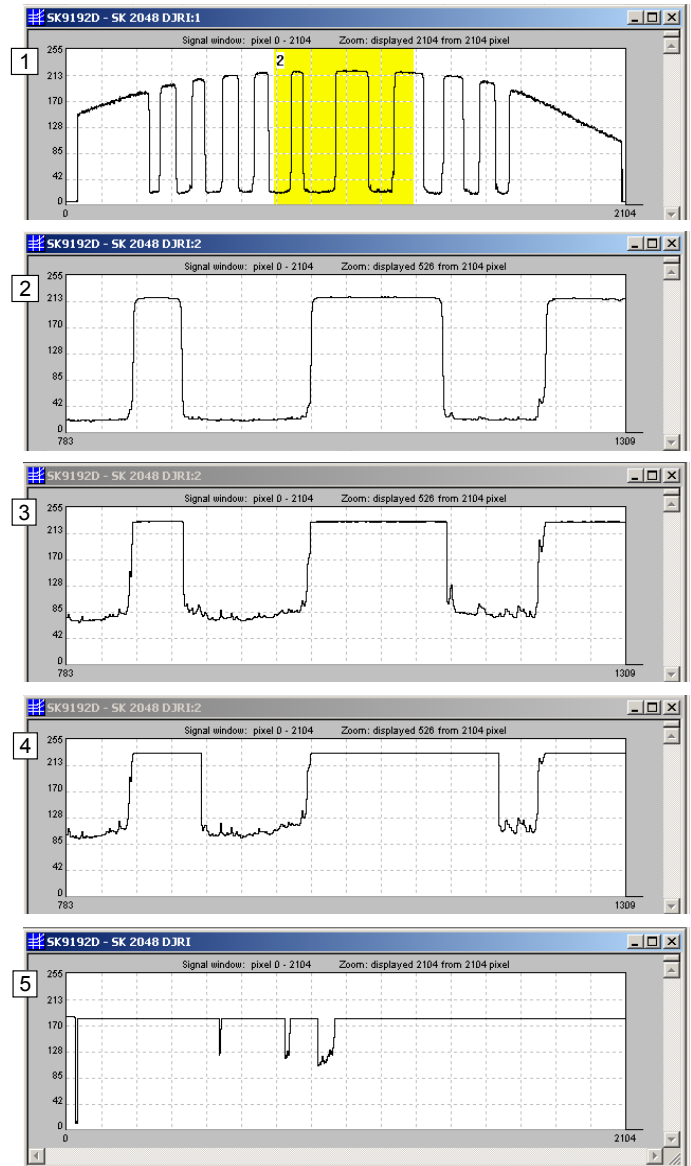
Eine noch längere Belichtung führt zu einer starken Verfälschung der Signalstrukturen. In Bild **4** beträgt die Integrationszeit t_A 3,38 ms, was einer 5,3-fachen Überbelichtung entspricht.

Das Bild **5** zeigt eine Erscheinung bei extremer Überbelichtung von CCD-Zeilensensoren. Der hohe Ladungsüberschuß der vorangegangenen Kameraaufnahme führt im dargestellten Scan zu einer Überschwemmung der Pixel am Zeilenanfang. In diesem Bereich befinden sich aber die Schwarzpixel, die von der Kameraelektronik als Referenz für die Offset-Steuerung benutzt werden. Die hohe Intensität der Schwarzpixel führt zu einem Absenken der gesamten Signalintensität. In diesem Zustand bewirkt mehr Licht eine geringere Signalintensität am Kameraausgang.

Sollte also bei der Inbetriebnahme der CCD-Zeilencamera das Kamerasignal sehr schwach sein, kann die Ursache dafür auch eine extreme Überbelichtung des Sensors sein.

Hinweis:

CCD-Zeilencameras mit Anti-Blooming-Sensor können bis zum 50-fachen der Sättigungsladung überbelichtet werden, ohne daß ein Blooming-Effekt einsetzt.



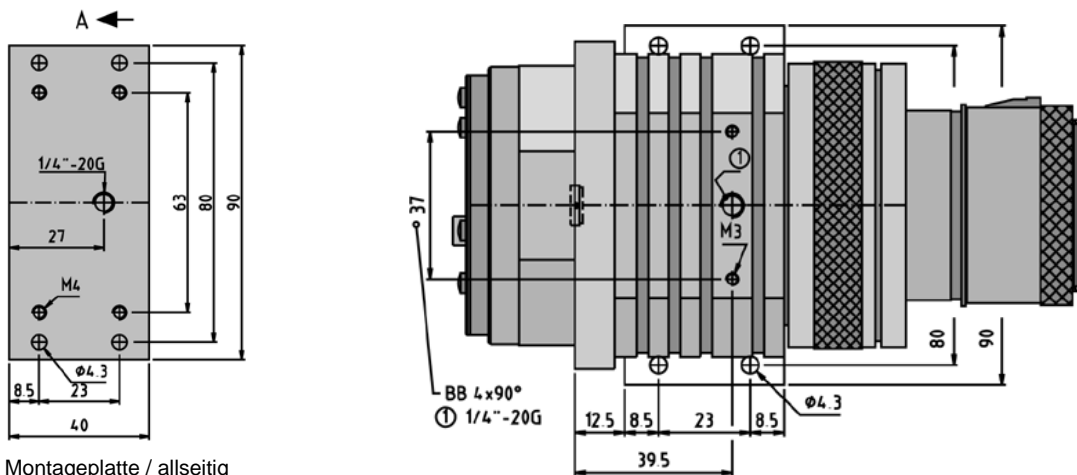
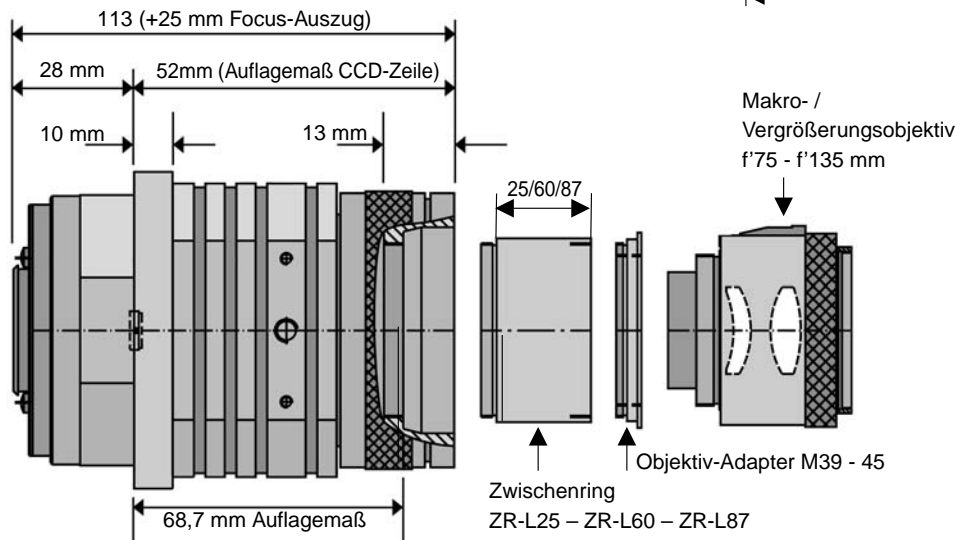
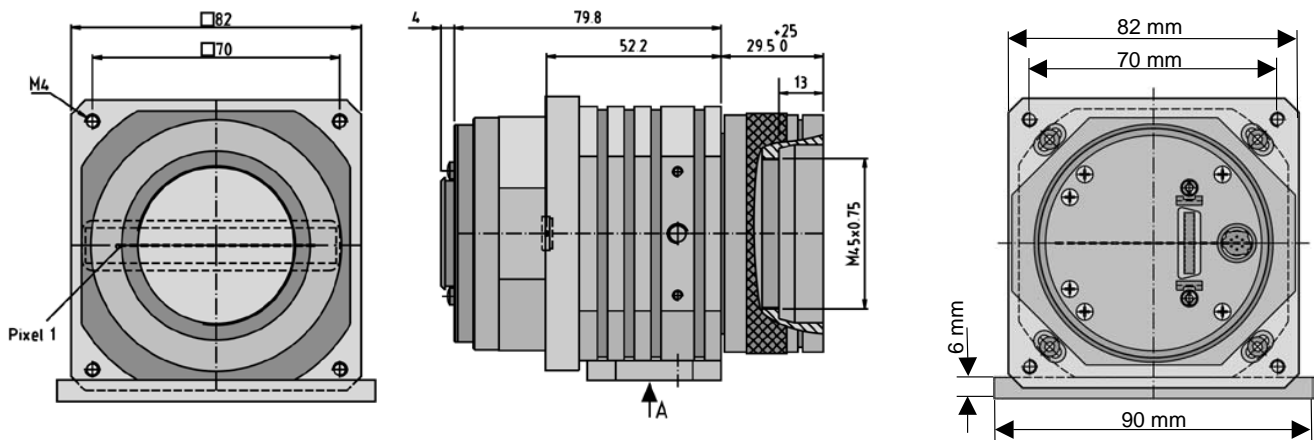
Oszilloskopische Signaldarstellungen von CCD-Zeilensignalen (Barcode im Aufricht), SK 2048 DJRI

- 1** CCD-Zeilensignal mit mittenbetonter Ausleuchtung und steilen Signalfanken.
- 2** Zoom-Ausschnitt im Mittelbereich des CCD-Zeilensignals **1**, Integrationszeit $t_A = 0,634$ ms
- 3** Verlängerung der Integrationszeit t_A auf 2,419 ms. Die Kantenpositionen verschieben sich leicht nach rechts. Bei einer 3,8-fachen Überbelichtung beginnt der Sensor zu bloomen.
- 4** Überbelichtung durch zu lange Integrationszeit führt bei CCD-Zeilencameras der DJR-Serie zu starken Signal- und Meßwertverfälschungen.
- 5** Extreme Überbelichtung überschwemmt die Schwarzpixel des Sensors. Die Offset-Steuerung der Kamera ist gestört. Die CCD-Zeilencamera liefert ein schwächeres Signal.

10. Maßbilder



Montageplatte / allseitig



Montageplatte / allseitig



- 1** CCD-Zeilenkamera SK7500CTO **2** Objektiv
- 3** Objektiv-Adapter M39-45 **4** Zwischenring ZR-L25
- 5** CCD-Zeilenkamera montiert mit Objektiv, Adapter und Zwischenring

11. Objektiv-Auswahlkriterien

Objektiv-Auswahlkriterien und Montage

Vergrößerungs- und Makroobjektive haben eine hohe Abbildungsqualität (70 Lp/mm) im angegebenen Maßstabbereich (s. Tabelle 1). Ein Fokussiermechanismus wie bei CCTV- und Fotoobjektiven ist nicht vorhanden. Der erforderliche Objektivauszug wird durch den Modularfokus der Zeilenkamera und einen oder mehrere Zwischenringe ZR-L25 eingestellt.

Das Hauptkriterium für die Objektivauswahl ist der gewünschte Abbildungsmaßstab. Aus der Brennweite f und dem Aufgemaß sA_∞ des gewählten Objektivs, dem Kameraaufgemaß sK und dem Abbildungsmaßstab β werden anschließend die erforderlichen Zwischenringe und der benötigte Modularfokus-Auszug berechnet (s. Beispiel).

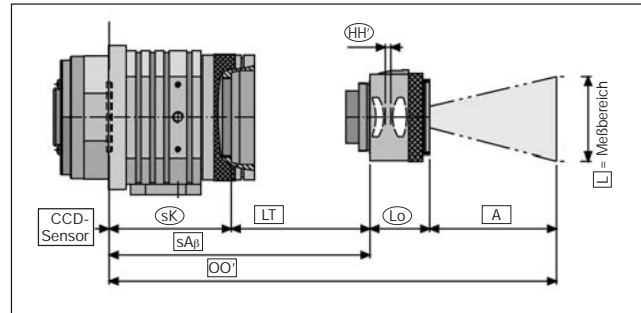
Der Objektiv-Adapter M39-45 ist Bestandteil der Kamera. Objektiv und Zwischenringe ZR-L25 müssen separat bestellt werden.

Vergrößerungs- und Makro-Objektive Best.-Code	Brennweite f' = mm	Blendenzahl k	Arbeitsblende	Auflösung max. (μ m)	CCD-Sensortiefe max. (mm)	Abbildungsmaßstab β optimal	Bereich des Abbildungsmaßstabs β	Aufgemaß sA_∞ (mm)	Hauptpunkt-Abstand - HH' (mm)	Objektiv-Länge L_0 (mm)	Anschraubgewinde	Äußere-Ø (mm)	Filter-Gewinde	OO' = Abstand CCD-Zeile bis Meßbereich (L) A = Abstand Objektiv-Meßbereich	Tubuslänge LT bei optimaler Abbildung	Zwischenring 25 mm Best.-Code ZR-L25	Fokusauszug (mm)	
Apo-Rodagon-N 4,0/80	82,5	4	X	7	85	10x	4 - 15	77,0	-2,8	30,8	M39 x 1/26"	Ø 54 mm	M 40,5 x 0,5	995	879	16,3	-	12,3
Apo-Rodagon-N 4,0/105	105	4	X	7	90	6x	4 - 15	99,1	-3,0	36,3	M39 x 1/26"	Ø 54 mm	M 40,5 x 0,5	851	698	47,5	1x	19,0
Apo-Rodagon D1x	75,1	4	X	7	85	1x	0,8 - 1,2	61,6	-14,8	34,3	M39 x 1/26"	Ø 54 mm	M 40,5 x 0,5	286	115	67,7	2x	14,7
Apo-Rodagon D2x	74,6	4,5	X	7	85	2x	1,2 - 2,5	72,1	-2,2	30,4	M39 x 1/26"	Ø 54 mm	M 40,5 x 0,5	334	194	40,4	1x	11,9
Apo-Rodagon D	120	5,6	X	7	150	2x	0,5 - 3	112,9	-2,98	30,7	M39 x 1/26"	Ø 54 mm	M 40,5 x 0,5	537	333	103,9	4x	1,9

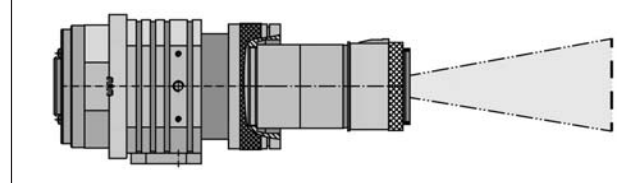
Diese Angaben gelten für den optimalen Abbildungsmaßstab

Systemparameter und Berechnungsgrößen

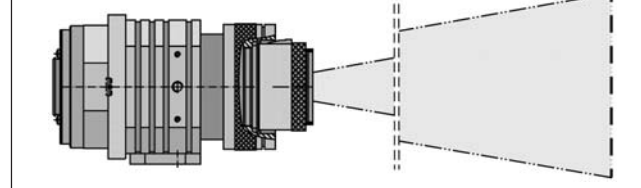
- f = Objektivbrennweite (mm)
- β = Abbildungsmaßstab : $\beta = L/S$
- OO' = Abstand (mm) zwischen Meßbereich und CCD-Zeilensensor.
 $OO' = (\beta+1/\beta+2) f + HH'$
- L = Meßbereich (mm)
- S = Sensorlänge (mm)
S = 52,5 mm bei SK7500DJR
S = 55,5 mm bei SK7926DJR
- HH' = Hauptpunkt-Abstand des Objektivs. HH' kann positiv oder negativ sein (s. Tabelle). Vorzeichenrichtig addieren!
- sA_∞ = Objektiv-Aufgemaß für Abbildung unendlich entfernter Objekte
- $\Delta s'$ = Vergrößerung des Objektiv-Aufgemaßes für Nahbereichs und Makroaufnahmen: $\Delta s' = f / \beta$
- sA_β = Objektiv-Aufgemaß für Abbildungsmaßstab β : $sA_\beta = sA_\infty + \Delta s'$
- sK = Kamera-Aufgemaß für CCD-Sensor: sK = 69 mm bei SK7500DJR
- LT = Tubuslänge, berechnet mit $LT = sA_\beta - sK$, zu realisieren durch Auszug des Modularfokus (0-25 mm), Objektiv-Adapter M39-45 (4 mm) und (bei Bedarf) ein oder mehrere Zwischenringe ZR-25 (24,5 mm)
- LO = Objektivlänge (Auflage bis Vorderkante)
- A = Abstand Objektiv-Meßbereich



Konfiguration mit Apo-Rodagon D1x für $\beta = 1$ (mit 2x ZR-L25, OO' = 286 mm)



Konfiguration mit Apo-Rodagon N 1:4/80 mm für $\beta = 10$ (ohne Zwischenring, OO' = 995 mm)



Beispiel für OO' bei $\beta = 4$, Meßbereich L=210 mm Objektiv Apo-Rodagon-N 4,0/80

- f = 82,5 (Objektivbrennweite mm)
 - β = 4 (Abbildungsmaßstab)
 - sA_∞ = 77 (Objektiv-Aufgemaß für unendlich)
 - HH' = 2,78 (Hauptpunkt-Abstand des Objektivs)
 - sK = 69 mm (Kamera-Aufgemaß für CCD-Sensor)
 - OO' = $(\beta+1/\beta+2) f + HH' = (4+1/4+2) 82,5 \text{ mm} - 2,78 \text{ mm} = 512,8 \text{ mm}$
 - $\Delta s' = f / \beta = 82,5 \text{ mm} / 4 = 20,6 \text{ mm}$
 - $sA_\beta = sA_\infty + \Delta s' = 97,6 \text{ mm}$
 - LT = $sA_\beta - sK = 97,6 \text{ mm} - 69 \text{ mm} = 28,6 \text{ mm}$
- Realisiert durch :
- | | |
|-------------------------|--------------|
| Modularfokus-Auszug | 24,6 mm |
| Objektiv-Adapter M39-45 | 4,0 mm |
| Summe | 28,6 mm = LT |

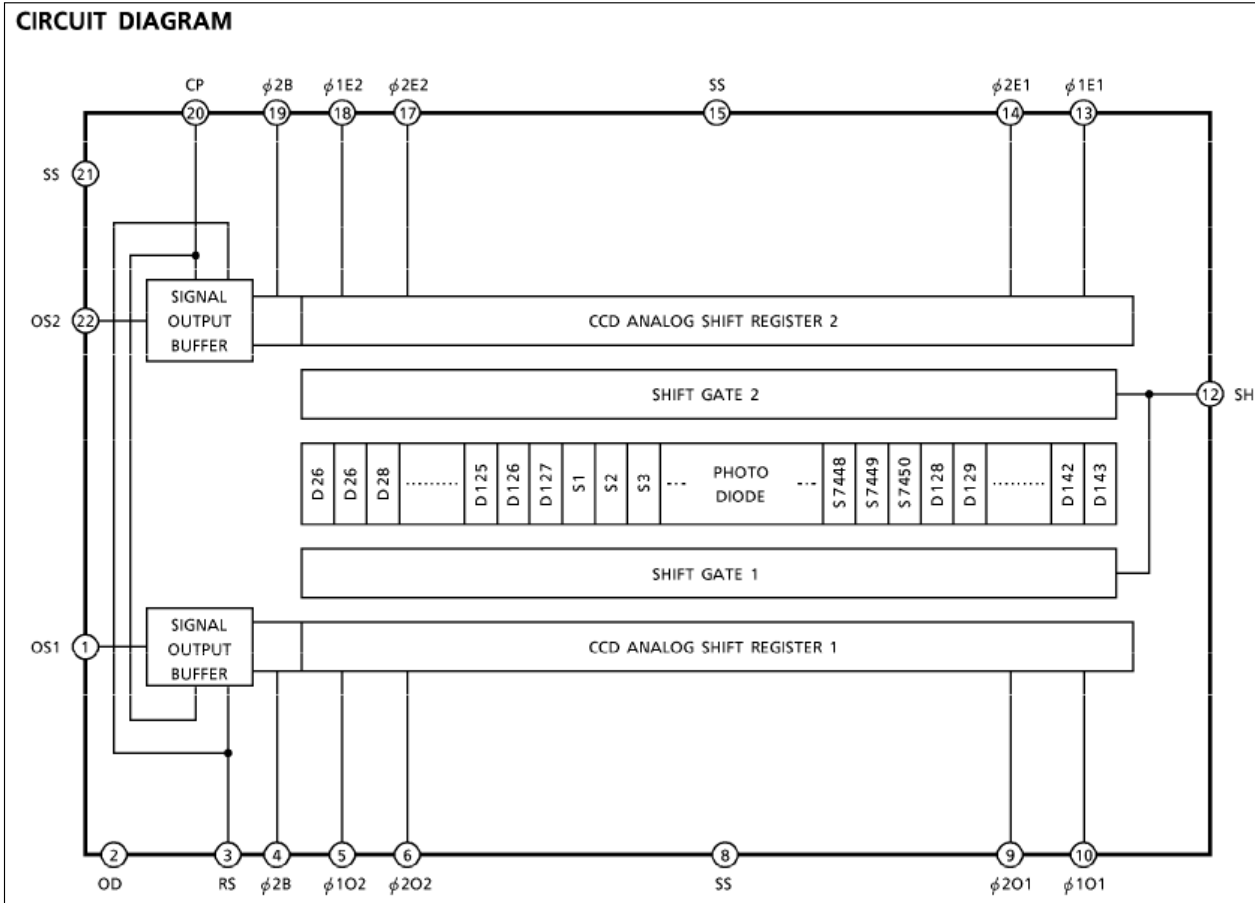
Objektiv-Adapter
M39-45 Best.-Code
M39 x 1/26 - M45 x 0,75
Gehört zum Lieferumfang

Zwischenringe
ZR-L25 Best.-Code

25 = Höhe 24,5 mm	M45 x 0,75
60 = Höhe 60 mm	M39 x 1/26
87,5 = Höhe 87,5 mm	Leica-Gewinde

12. Sensordaten

Hersteller: Toshiba®
 Typ: TCD 1703 AC
 Datenquelle: Toshiba® - CCD Linear Sensor - DataSheet



OPTICAL / ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_a = 25^\circ\text{C}$, $V_{OD} = 12\text{V}$, $V_\phi = V_{SH} = V_{RS} = V_{CP} = 5\text{V}$ (PULSE), $f_\phi = 1\text{MHz}$,
 t_{INT} (INTEGRATION TIME) = 10 ms, LIGHT SOURCE = DAYLIGHT FLUORESCENT LAMP,
 LOAD RESISTANCE = 100 k Ω

CHARACTERISTIC	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	NOTE
Sensitivity	R	12	15	18	V / lx·s	
Photo Response Non Uniformity	PRNU	—	4	10	%	(Note 2)
	PRNU (3)	—	6	12	mV	(Note 8)
Saturation Output Voltage	V_{SAT}	1.5	1.8	—	V	(Note 3)
Saturation Exposure	SE	0.08	0.12	—	lx·s	(Note 4)
Dark Signal Voltage	V_{DRK}	—	1.0	3	mV	(Note 5)
Dark Signal Non Uniformity	DSNU	—	4.0	10	mV	(Note 5)
DC Power Dissipation	P_D	—	350	480	mW	
Total Transfer Efficiency	TTE	92	98	—	%	
Output Impedance	Z_o	—	0.2	1	k Ω	
Dynamic Range	DR	—	1800	—	—	(Note 6)
DC Signal Output Voltage	V_{OS1}	4.5	6.0	7.5	V	(Note 7)
	V_{OS2}	4.5	6.0	7.5		
DC Differential Error Voltage	$ V_{OS1} - V_{OS2} $	—	—	300	mV	
Random Noise	ND_σ	—	1.0	—	mV	(Note 9)

(Note 2) : Measured at 50% of SE (Typ.)

$$\text{Definition of PRNU : PRNU} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100 (\%)$$

Where \bar{x} is average of total signal outputs and Δx is maximum deviation from \bar{x} under uniform illumination. (Channel 1)

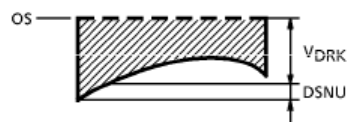
In the case of 3725 elements (Channel 2), the condition is the same as above too.

(Note 3) : V_{SAT} is defined as minimum saturation output voltage of all effective pixels.

(Note 4) : Definition of SE : $SE = \frac{V_{SAT}}{R} (lx \cdot s)$

(Note 5) : V_{DRK} is defined as average dark signal voltage of all effective pixels.

DSNU is defined as different voltage between V_{DRK} and V_{MDK} when V_{MDK} is maximum dark signal voltage.

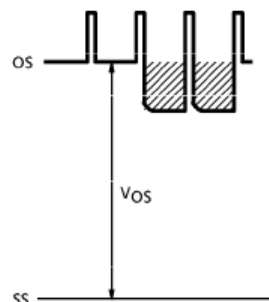


(Note 6) : Definition of DR : $DR = \frac{V_{SAT}}{V_{DRK}}$

V_{DRK} is proportional to t_{INT} (Integration Time).

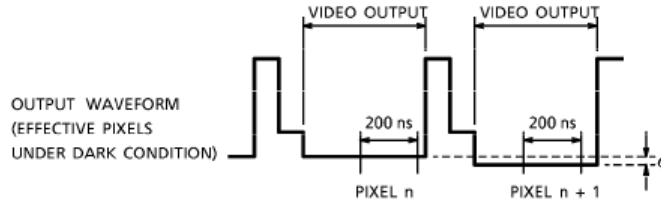
So the shorter t_{INT} condition makes wider DR values.

(Note 7) : DC signal output voltage and DC compensation output voltage are defined as follows:



(Note 8) : PRNU (3) is defined as maximum voltage with next pixel, where measured 5% of SE (Typ.)

(Note 9) : Random noise is defined as the standard deviation (sigma) of the output level difference between two adjacent effective pixels under no illumination (i.e. dark condition) calculated by the following procedure.



- 1) Two adjacent pixels (pixel n and n + 1) in one reading are fixed as measurement points.
- 2) Each of the output levels at video output periods averaged over 200 nanosecond period to get V_n and V_{n+1} .
- 3) V_{n+1} is subtracted from V_n to get ΔV .

$$\Delta V = V_n - V_{n+1}$$
- 4) The standard deviation of ΔV is calculated after procedure 2) and 3) are repeated 30 times (30 readings).

$$\overline{\Delta V} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} |\Delta V_i| \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} (|\Delta V_i| - \overline{\Delta V})^2}$$

- 5) Procedure 2), 3) and 4) are repeated 10 times to get 10 sigma values.

$$\overline{\sigma} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} \sigma_j$$

- 6) $\overline{\sigma}$ value calculated using the above procedure is observed $\sqrt{2}$ times larger than that measured relative to the ground level. So we specify the random noise as follows.

$$\text{Random noise} = \frac{1}{\sqrt{2}} \overline{\sigma}$$

13. Hinweise und Garantie

Dieses Technische Handbuch ist mit größter Sorgfalt erstellt worden. Es wird jedoch keine Gewähr für die Freiheit von Fehlern und Irrtümern gegeben.

Für die angegebenen Schaltungen, Beschreibungen und Tabellen wird keine Gewähr bezüglich der Freiheit von Rechten Dritter übernommen.

Mit den Angaben in den technischen Beschreibungen werden Baugruppen spezifiziert, nicht Eigenschaften zugesichert.

Die Garantie für die CCD-Zeilenkamera beträgt 24 Monate.

Die Garantie erlischt bei unsachgemäßen Eingriffen.

14. EU-Konformitätserklärung



Dieses Produkt entspricht den Schutzanforderungen der EG-Richtlinie 89/336/EWG. Die Anforderungen der DIN EN 61326 werden erfüllt.