

Gute Bilder müssen nicht teuer sein

Industriekameras im Außeneinsatz stehen vor besonderen Herausforderungen: Wechselnde Lichtverhältnisse durch Tag und Nacht und falls sie in der Verkehrsüberwachung eingesetzt werden, kann Gegenlicht ein gängiges Problem sein. Hohe Dynamik des Sensors ist der Weg zum Ziel und wird fälschlicherweise oft mit teuer in Verbindung gebracht. Das dem so nicht ist, beweist der CMOS-Sensor AR0331 von Aptina/ON Semiconductor mit HDR-Modus. Was er kann und wie er bedient wird, zeigt folgender Anwenderbericht.

Die Abkürzung HDR steht für „High Dynamic Range“ und beschreibt eine Video- oder Einzelbild-Übertragungskette, die möglichst hohe Unterschiede zwischen Hell und Dunkel in einem Bild wiedergeben kann. Aus diesem Grund ist HDR auch bei neuen Flachbild-Fernsehern ein aktuelles Schlagwort. D.h., da Schwarz irgendwann nicht mehr schwärzer gemacht werden kann, muss Weiß also heller gemacht werden. Bildlich gesprochen, soll der Zuschauer die Augen zusammen kneifen müssen, wenn die Taschenlampe des Protagonisten durch den Fernseher auf ihn ins Wohnzimmer gerichtet wird. Das ist heute mitnichten so.

HDR

Einen Überblick über übertragbare Dynamikwerte gibt die folgende Wikipedia-Tabelle:

Dynamikbereich von gängigen Geräten		
Gerät	Stops	Kontrast
LCD	9,5	700:1 (250:1-1750:1)
Negativfilm (Kodak VISION3)	13	8000:1
Menschl. Auge	10-14	1000:1-15000:1
High-End DSLR Kamera (Nikon D810)	14,8	28500:1

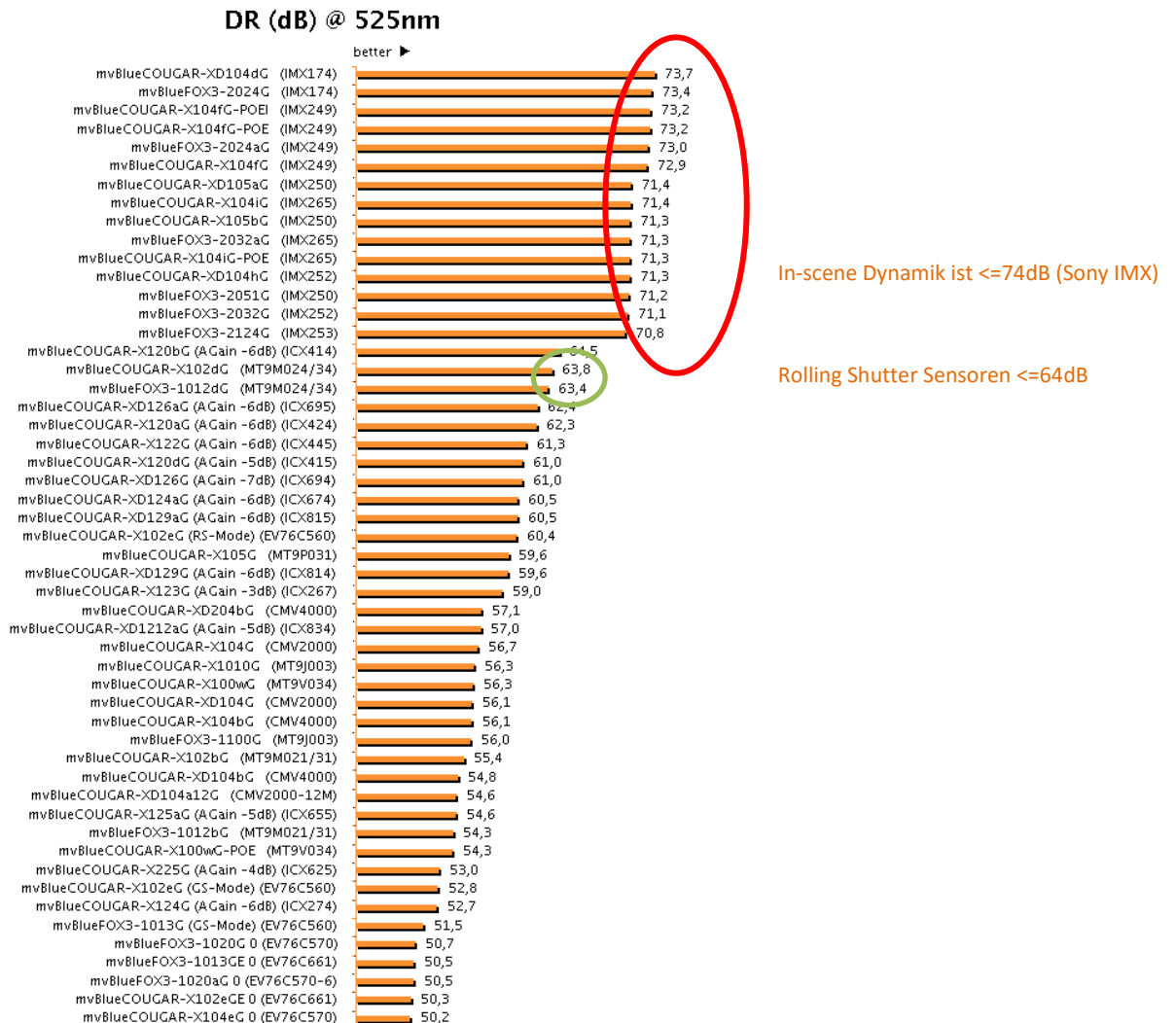
Wenn man von dem intuitiv verständlichen Kontrast-Verhältnis von hell zu dunkel ausgeht, also beispielsweise von 8000:1, so ergibt sich die logarithmische Darstellung aus $20 \cdot \log(8000) = 78\text{dB}$. Da nun jedes Bit $\sim 6\text{dB}$ (Faktor 2) Dynamik bringt, beträgt $78\text{dB}/6 = 13$ Bit Dynamik, gleichbedeutend mit der Anzahl von Blendenstufen (F-Stops), welche auch jeweils zu einer Signalverdoppelung beitragen.

Kontrast-Verhältnis

Man erkennt, dass das menschliche Auge immer noch der Maßstab ist und gerade so von einer professionellen Spiegelreflexkamera und schon länger vom chemischen Negativfilm erreicht wird. Die Bilddarstellung auf einem Flachbildschirm schafft diese Kontraste derzeit meistens nicht.

Dynamik bei Machine Vision Kameras

Der EMVA1288 Standard gibt die Möglichkeit, die Dynamik zu messen und vergleichend darzustellen. Das folgende Schaubild zeigt eine Dynamik-Übersicht von unterschiedlichen MATRIX VISION Kameras:



Das Schaubild zeigt, dass der jetzt schon legendäre Sony IMX-Sensor der Pregius-Serie über 70dB erreicht, was ~12 Bit entspricht. Ferner erreichen hochwertige CCD-Sensoren von Sony um die 60dB (10 Bit) und preiswerte Rolling Shutter Sensoren kommen über 60dB. Mehr ist derzeit mit Machine Vision Kameras normalerweise nicht machbar.

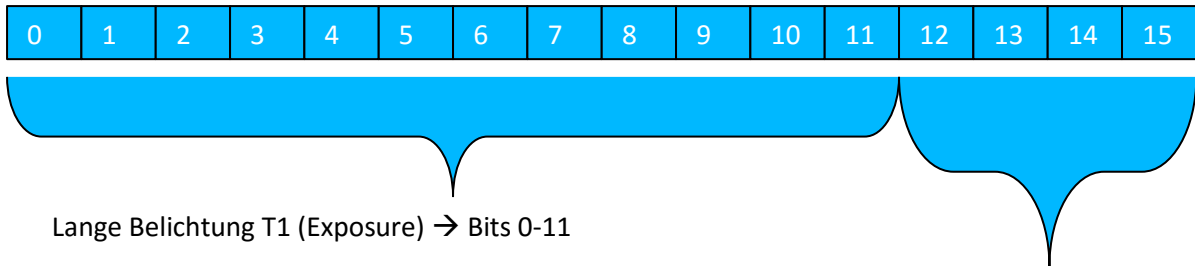
Wie ist HDR für Live-Bilder machbar?

Getrieben von der Innovation bei den Sensoren für Handy-Kameras, die trotz kleinen Pixeln und Rolling Shutter überaus gute Bilder erzeugen, gibt es beim Sensor AR0331 von Aptina/ON Semiconductor folgende interessante Möglichkeit:

Während der Sensor mit seinem 12 Bit Analog-Digital-Umwandler (ADC) bereits eine sehr gute Dynamik von ~70dB erreicht, kann dieser Rolling Shutter Sensor darüber hinaus noch zwei verschachtelte Reset → Belichtungs-Zeiger bedienen. Diese Funktionalität kann dazu verwendet werden, um ein 16 Bit lineares Signal zu erzeugen, bei dem die zwei Belichtungszeiten in bestimmten Verhältnissen stehen. Wenn also die kürzere Belichtungszeit 1/16 der langen ist, so können die oberen 4 Bit zu den unteren 12 Bit der langen Integrationszeit zu einem 16 Bit Wert zusammengefügt werden.

AR0331 hat 12 Bit ADC (~72dB)

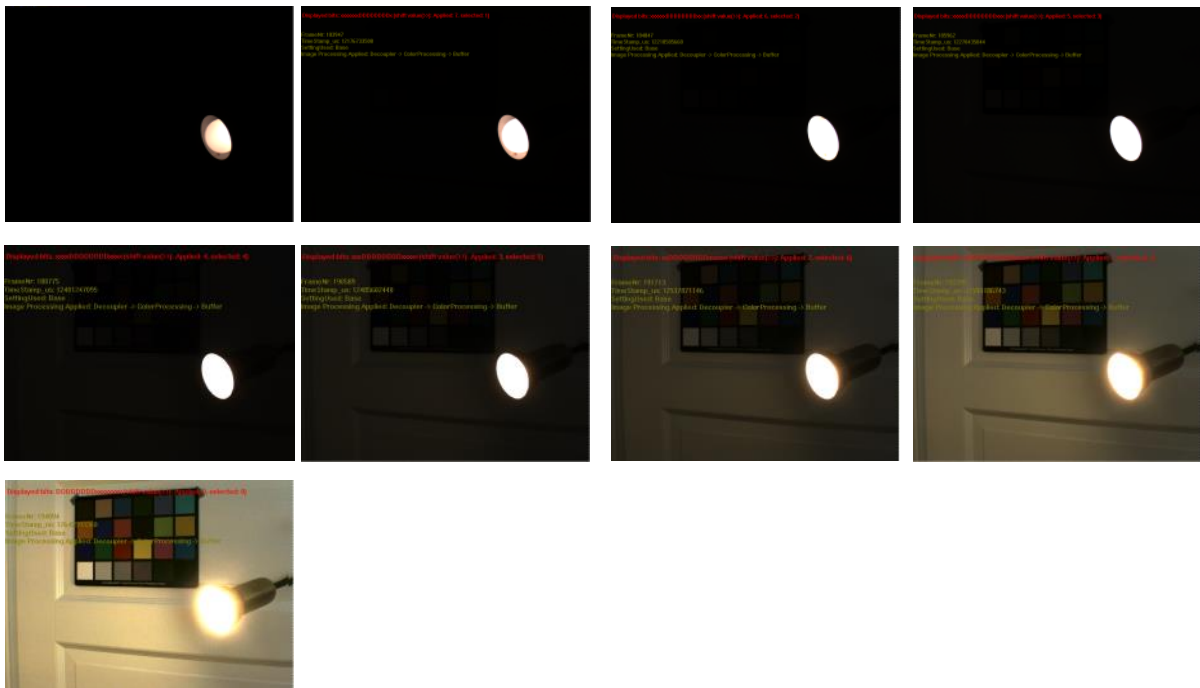
100 dB erfordern ~16 Bits



Lange Belichtung T1 (Exposure) → Bits 0-11

Kurze Belichtung: $R=16 \rightarrow T_2 = T_1/R \rightarrow$ Bits 12-15

Ein 16 Bit lineares Bild, welches aus einer Belichtung mit 4ms und einer zweiten mit 250µs erzeugt wurde, sieht nun exemplarisch wie folgt aus:

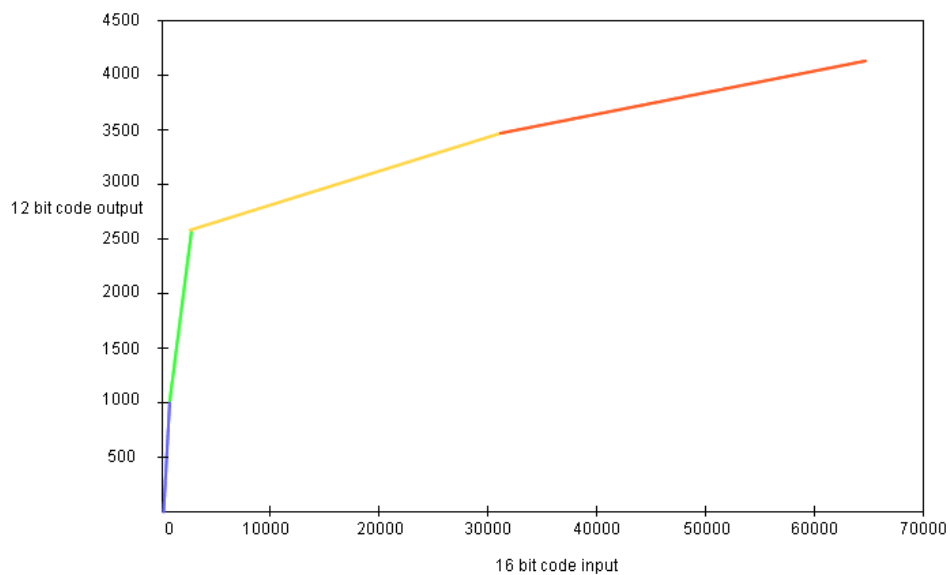


Von links oben nach rechts unten wird jeweils um ein Bit nach unten geschiftet, d.h. die Belichtungswerte werden bei jeder Verschiebung jeweils verdoppelt. Man erkennt, dass die Lampe in den oberen Bits am wenigsten übersteuert ist und man den restlichen Bildinhalt erst in den unteren Bits erkennen kann.

Wo liegen also die Herausforderungen?

Die Wichtigste ist sicherlich, dieses Bild mit seinem hohen Dynamikumfang auf einem Display, welches die hohe Dynamik gemäß der Anfangstabelle nicht darstellen kann, natürlich aussehen zu lassen.

ALTM Dieses Verfahren wird Adaptive Local Tone Mapping (ALTM) genannt. Dies gelingt beispielsweise durch eine spezielle adaptive Kompondierungs-Kennlinie auf dem Sensor:



Damit entsteht das folgende Bild, welches die Lampe und den dunkleren Bildinhalt in einem Bild kombiniert.



Zusätzliche Funktionen wie Bewegungskompensation, Vermeidung farbiger Übersteuerungseffekte sorgen dafür, dass auch bewegte Bilder eine höhere Dynamik, möglichst ohne störende Artefakte, abbilden können. Wohlgemerkt, alles automatisch und bei voller Bildfrequenz von 30 Bildern pro Sekunde bei Full-HD-Auflösung und in perfekter Farbqualität.

Der AR0331 von Aptina/ON Semiconductor bietet MATRIX VISION als USB3 Vision Kamera mit der Bezeichnung mvBlueFOX3-1031C an. Außerdem ermöglichen MATRIX VISION weitere „Fine-Tunings“, indem über den Treiber direkt auf die Sensor-Register zugegriffen werden kann und Optionen zu- oder abgeschaltet werden können. Ein Use Case im Handbuch der Kamera gibt hier einen detaillierteren Einblick:

https://www.matrix-vision.com/manuals/mvBlueFOX3/UseCases_page_0.html#UseCases_section_HDR_1031C

Autor: Horst A. Mattfeldt, Senior Consultant bei MATRIX VISION

<http://www.matrix-vision.com>