
Ein Auge für den Tiger, die CCD-Zeile MLX90255BA

Gunther Zielosko

1. Einleitung

So vielseitig der BASIC-Tiger® und seine Verwandten auch sind, einige Gebiete der Elektronik blieben ihnen bisher mehr oder weniger verschlossen. So ein Gebiet ist z.B. die elektronische Bildaufnahme bzw. -verarbeitung. Viele meinen, dass dafür der Tiger nicht eingerichtet wäre und es ja auch viele fertige Lösungen auf dem Markt gibt. So wurden bisher kaum Ansätze bekannt, ihn im Bereich echter optischer Sensoren einzusetzen. Diese Einstellung könnte sich mit dem vorliegenden Applikationsbericht ändern, zumindest ist der BASIC-Tiger® damit nicht mehr ganz so „blind“ wie bisher.

Die Überschrift deutet es schon an, wir wollen uns mit CCD-Zeilen beschäftigen, die neben den bekannten flächenhaften Bildsensoren (Digital- und Videokameras) auch ihren Platz in der Technik gefunden haben. Denken wir nur an die Sensoren der überall vorhandenen Flachbett-Scanner (Bild 1), mit denen wir Papierbilder in den PC holen oder an manche Strichcode-Leser, die als Grundlage oft einen optischen Zeilen-Sensor haben. Solche Sensoren können auch zu mess- oder steuerungstechnischen Zwecken verwendet werden, z.B. kann ein fahrender Roboter das Gelände vor sich erkennen und so einer weißen Linie folgen. Oder denken Sie an eine Alarmanlage, die auf Veränderungen der Lichtverteilung auf dem Sensor reagiert (es bewegt sich etwas von links nach rechts). Genauso werden Linienmuster erkannt – Sie könnten z.B. einen Strichcode-Leser entwickeln...

Das Funktionsprinzip ist dabei, dass eine unterschiedlich lange Zeile von sehr kleinen Photoelementen in einem Gehäuse die Lichtverteilung auf einer Strecke erfasst und diese zur Verarbeitung aufbereitet. Dazu brauchen diese Sensoren häufig ein kompliziertes und schnelles Taktsystem, mit dem die Lichtaufnahme der einzelnen Pixel, die kurzzeitige Speicherung ihrer Werte und deren meist serielle analoge Ausgabe gesteuert wird. Oft sind dabei die Geschwindigkeiten aus guten Gründen so hoch, dass der BASIC-Tiger® damit total überfordert wäre. Nicht so beim MLX90255BA der Firma Melexis, der nach Untersuchungen des Autors ohne wesentliche Einschränkungen mit normalem Tiger-Basic angesteuert und ausgelesen werden kann – eine ideale Konstellation für den Einstieg in die digitale Bildverarbeitung mit dem BASIC-Tiger®.

2. Der CCD-Sensor MLX90255BA von Melexis

Die Firma Melexis stellt in der Hauptsache kundenspezifischen IC's (ASIC's), aber auch IC's für allgemeine Anwendungen her. Insbesondere im Sensorbereich gibt es auch für den interessierten Bastler allerlei innovative Lösungen, so z.B. Druck-, optische, Beschleunigungs-, Temperatur- und Hall-Sensoren. Für uns interessant ist hier die optische CCD-Sensor-Zeile MLX90255BA (CCD = Charge Coupled Device), die aus insgesamt 128 Einzel-Sensoren besteht, Informationen sind unter:

Datenblatt: <http://www.melexis.com/prodfiles/mlx90255ba.pdf>
Evaluationbord: <http://www.melexis.com/prodfiles/evb90255.pdf>
verfügbar. Bild 2 zeigt den IC im Überblick, die Bilder 3 und 4 interessante Details des inneren Chips.

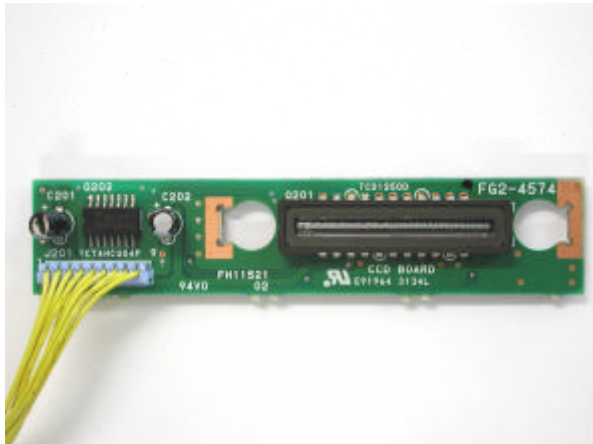


Bild 1 Eine typische CCD-Zeile aus einem Flachbett-Scanner

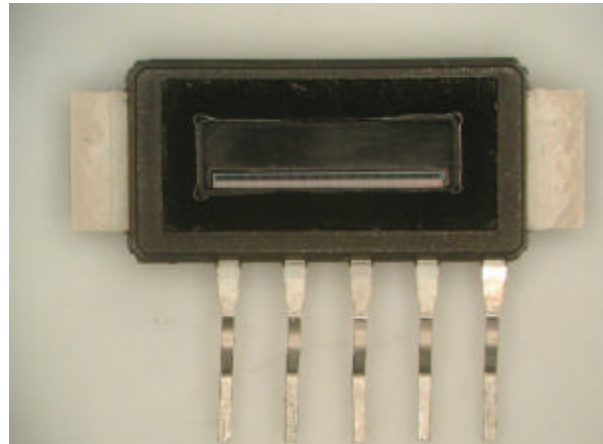


Bild 2 der MLX90255BA im 5-poligen Plastik-Gehäuse (GLP5 package)

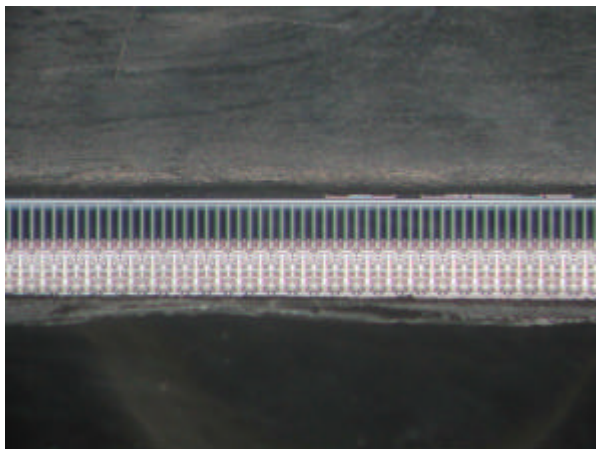


Bild 3 hier sehen Sie schon die einzelnen Photo-Sensoren in einer Reihe

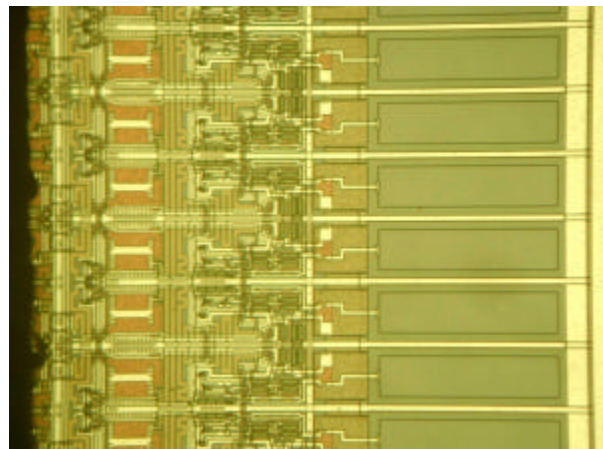


Bild 4 bei noch höherer Vergrößerung erkennt man die einzelnen Sensorflächen und ihre Elektronik (hier quer dargestellt)

Jede Zelle besitzt eine Photodiode (Pixel), einen Ladungs-Verstärker sowie eine Hold-Schaltung für den Helligkeitswert des Pixels. Die 128 Zellen werden seriell ausgelesen. Die Funktion ist in zwei Zyklen eingeteilt, in eine Integrationsperiode und in eine Ausgabe-Periode. In der Integrationsphase werden für eine gewisse Zeit Lichtquanten gesammelt und mit dem daraus resultierenden Photostrom ein Kondensator aufgeladen. In der Ausgabeperiode werden die auf den einzelnen Kondensatoren gespeicherten Potentiale über Anlogschalter nacheinander (seriell) auf den analogen Ausgang geschaltet. Hier stehen sie als Potentiale zwischen 0 V und 2,4 V (ganz dunkel bzw. hell) am Ausgang AO zur Verfügung. Das ganze

wird hauptsächlich vom Eingang SI gesteuert, der mit einem High-Impuls einmal die Integrationsphase und zum anderen die Datenausgabe einleitet. Der zweite Eingang des ICs ist der CLK- (Takt-) Eingang, der sowohl den Ladungstransfer zum Ausgang als auch die innere Beladung der Speicher-Kondensatoren steuert. Am Ausgang steht nach jedem Takt der Analogwert des nächsten Pixels an. Der Sensor erkennt also nicht nur hell oder dunkel, sondern auch Zwischenstufen (Grauwerte), ideal für die Auswertung mit den am BASIC-Tiger® vorhandenen analogen Eingängen. Die Hauptfrage für die Anwendung eines solchen Sensors während der Untersuchungen war: kann man das Zusammenspiel zwischen den Startimpulsen an SI, den dazugehörigen mindestens 128 Takten an CLK, der danach erfolgenden Ausgabe am analogen Ausgang, das Einlesen in einen analogen Eingang des BASIC-Tigers® und das Abspeichern z.B. in einem Array mit Tiger-Basic organisieren oder sind die Timing-Forderungen des MLX90255BA unerfüllbar? Laut Datenblatt wird eine minimale Frequenz von 64 KHz verlangt – das wäre bereits das Aus für unseren Tiger. Aber es geht trotzdem – die einfache Taktung mit Einzelausgaben von Low und High reicht aus, um eine vernünftige Funktion, d.h. erst einmal die Belichtung der Pixel, die Ladungsspeicherung und die Beendigung der Integrationsphase zu realisieren. Danach kann man sich Zeit nehmen – der MLX90255BA toleriert sehr lange Signal-Auswerte-Zeiten. Damit ist es möglich, beim Auslesen einen wesentlich langsameren Takt zu benutzen als beim Einlesen. Jeder Pixelwert kann in aller Ruhe gemessen, bearbeitet und abgespeichert werden. Erst ein neuer SI-Impuls startet eine neue Integrationsphase. Da die Impulse an SI und CLK auf eine gewisse Weise ineinander verschachtelt sein müssen, ergibt sich zwangsläufig unter Tiger-Basic für die Einfügung einer SI-Flanke in den laufenden Takt an CLK eine Zeitverzögerung dieses Impulses. Das betrifft immer den ersten Taktimpuls und damit das erste Pixel – erfreulicherweise stört dies den MLX90255BA überhaupt nicht, er hat dort ohnehin zwei sogenannte Dummy-Pixel, die keinen echten Helligkeitswert repräsentieren. Insgesamt braucht ein Zyklus (Integrieren oder Ausgeben) jeweils 133 Taktimpulse. Die letzten werden zur Re-Initialisierung des internen Schieberegisters benötigt. Mit diesen Erkenntnissen geht es sofort zur Schaltungsentwicklung, wenn man die einfache Ankopplung an den BASIC-Tiger® überhaupt so nennen darf.

3. Die Schaltung

Alles passt sofort, der MLX90255BA braucht wie der BASIC-Tiger® 5 V als Betriebsspannung, beide Eingangs-Pegel haben TTL- oder CMOS-Format, der analoge Ausgang des MLX90255BA liegt voll im Meßbereich der analogen Eingänge des BASIC-Tigers®. Damit sind eigentlich nur 5 direkte Leitungen von einem zum anderen erforderlich:

BASIC-Tiger[®]	Pin	MLX90255B	Pin
		A	
Vcc	46	Vdd	4
GND	23	Vss	5
L80	13	SI	1
L81	14	CLK	2
Analog In 0	39	AO	3
Analog GND	44 → Pin 23 (GND)		
AD Ref. In	43 → Pin 46 (Vcc)		

Tab. 1 Verdrahtung BASIC-Tiger[®] mit MLX90255BA

Das ist alles – wir können hier getrost auf eine bildliche Darstellung der Schaltung verzichten. Natürlich können Sie auch die Anschlüsse ändern, wenn Sie wollen. Die Verbindungen der Tabelle 1 passen direkt zum Programm OPTO_01.TIG.

4. Die Optik

Unser Sensorchip arbeitet prinzipiell genauso wie ein normaler flächenhafter Bildsensor in digitalen Kameras, nur eben eindimensional. Deshalb braucht er für eine sinnvolle Anwendung als Linien-Kamera auch ein Objektiv und eine Abdunkelung gegen unerwünschtes Fremdlicht. Damit die ganze Sache nicht zu kostspielig wird, kann auch ein Aufbau mit einer einfachen Linse versucht werden. Sehr elegant ist die Verwendung einer einfachen alten Sucher-Kamera ohne jegliche Elektronik, dort ist immer ein abgedunkeltes Gehäuse und ein „handgesteuertes“ Objektiv vorhanden. Eine solche fertige Kamera mit Objektiv hat gleich mehrere Vorteile:

- das Gehäuse ist bereits fertig – ein wichtiges Argument für die meisten Elektronik-Bastler,
- sie läßt mit der Blendeneinstellung eine Anpassung der Beleuchtungsverhältnisse an den Sensor zu,
- sie kann mit der Entfernungseinstellung bequem scharf eingestellt werden,
- das Gehäuse ist mit normalen Stativen bzw. mit dem immer vorhandenen Kameragewinde elegant auszurichten,
- der Sensor wird einfach (isoliert und mittig) innen auf die Kamerarückwand montiert, damit stimmt die Fokussierung relativ gut und der Sensor ist gut zugänglich,
- der Verschluß muß natürlich immer offen sein, falls diese Einstellung bei Ihrer Kamera nicht geht, ist eventuell ein Eingriff nötig.

Bild 5 zeigt einen Versuchsaufbau des Autors mit einem fertigen Foto-Objektiv und einem Eigenbau-Gehäuse. Wenn Sie auch alles zusammengebaut haben, können wir mit ersten Experimenten beginnen.



Bild 5 so hat der Autor seine Linienkamera gebaut...

5. Die Software für den BASIC-Tiger®

Auch hier ist alles sehr einfach. Das Programm CCD_01.TIG steuert die Sensorzeile MLX90255BA an, liest die Ergebnisse an deren analogem Ausgang AO aus und in den A0 des BASIC-Tigers® ein. Alle Aktivitäten des BASIC-Tigers® speziell zum Takt und SI-Signal laufen mit ganz normalen OUT-Befehlen und Zählschleifen ab, auf „höhere“ und damit eventuell schnellere Funktionen mit den PLSOUT-Gerätetreibern wurde hier bewusst verzichtet, da eine Synchronisierung mit den erforderlichen Daten-Bearbeitungsschritten nur sehr schwierig zu realisieren ist. Die Werte werden Pixel für Pixel auf dem LC-Display z.B. des Plug-and-Play-Labs angezeigt und parallel dazu auf den seriellen Ausgang SER1 geschrieben. Wenn Sie mögen, können Sie sich die Resultate auf dem PC mit einem Terminalprogramm in numerischer Form anzeigen lassen. Komfortabler lässt sich die Lichtverteilung mit dem PC-Programm CCD_01.TST darstellen. Hier bekommen Sie eine Kurve über alle 128 Pixel grafisch angezeigt (Bild 8).

6. Ergebnisse

Optische Sensoren auf der Basis CCD haben immer Probleme mit zu viel Licht. Dann laufen die kleinen Ladungsspeicher sozusagen über und es fließen Ströme zum Nachbarpixel. Beim MLX90255BA in seiner Standardumgebung wird das über die die Zeit zwischen zwei Impulsen an SI gesteuert. Liegen die Impulse lange auseinander, kann viel Licht integriert werden (gut für dunkle Umgebung), folgen sie kurz aufeinander, kann der Sensor auf helle Umgebung angepasst werden. Mit einfachem Tiger-BASIC kann die Lage der aufeinander folgenden SI-Impulse nicht so einfach manipuliert werden, da zusätzlich noch eine Verknüpfung mit den CLK-Impulsen notwendig ist. Um dieses Problem zu lösen, steuern wir die Lichtempfindlichkeit am besten optisch über die Blende des Objektivs. Mit einem Oszilloskop kann am analogen Ausgang die Lage der dunklen und hellen Stellen des Objektes beobachtet und mit der Blende optimal eingestellt werden. Gleiche Ergebnisse können Sie

durch Auswertung der seriellen Daten mit einem Terminalprogramm oder noch eleganter mit CCD_01.TST erlangen. Für diejenigen, die nicht über ein Oszilloskop verfügen, haben wir nämlich (als Service für Sie!) ein Programm für den PC beigelegt, mit dem Sie die Daten der kompletten Sensorzeile über die serielle Schnittstelle übertragen und so auch auf dem PC-Bildschirm sehen können. Dieses Programm CCD_01.TST beruht wieder auf TestPoint® und Sie installieren dieses Runtime-Modul genauso, wie im Applikationsbericht Nr. 031 „BASIC-Tiger® und PC-Programme“ beschrieben, auf Ihrem PC.

Mit dem fertigen System können nun interessante Untersuchungen angestellt werden. Ein erster Test wäre das Erkennen eines Streifenmusters, z.B. das von Bild 6. Wenn Sie das Bild ausdrucken und die Kamera darauf ausrichten, sollte am analogen Ausgang des MLX90255BA (bzw. am analogen Eingang A0 des BASIC-Tigers®) ein Oszillogramm wie auf Bild 7 gezeigt sichtbar sein. Bild 8 zeigt Ihnen, welchen „optischen Eindruck“ das Streifenmuster mit dem Programm CCD_01.TST am PC macht. Experimentieren Sie mit Blende, Entfernungseinstellung, Beleuchtung usw. Da Sie die gewonnenen Daten unter Tiger-BASIC beliebig umrechnen, speichern und in einfacher Weise auswerten können, haben Sie nun ein sehr nützliches optisches Werkzeug zur Verfügung.

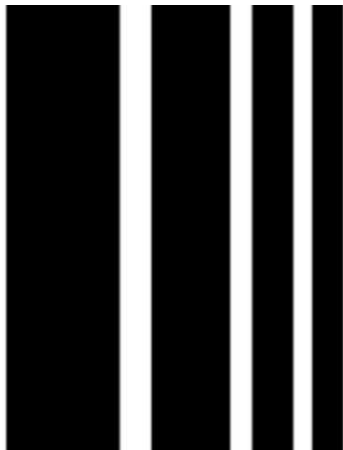


Bild 6 Ein Test-Streifenmuster auf Papier...

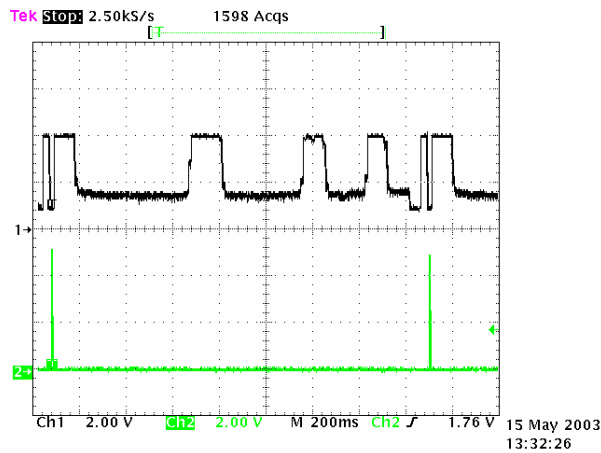


Bild 7 ...so „sieht“ A0 des BASIC-Tigers[®] das Muster aus Bild 6, weiß hohes Potential, schwarz niedriges Potential, unten die Trigger-Impulse auf L87

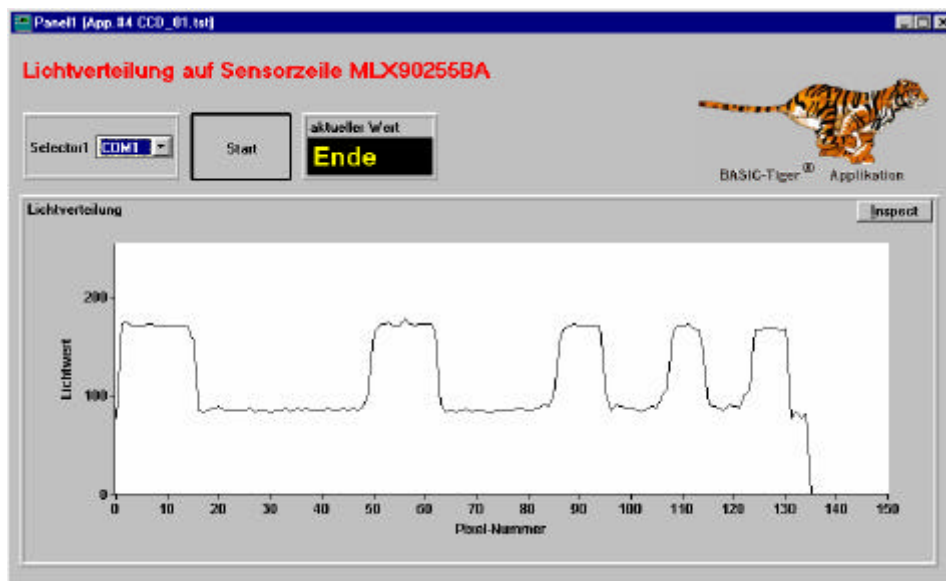


Bild 8 ...und so unser PC-Programm CCD_01.TST über die serielle Schnittstelle

Viel Spaß mit dem neuen Tigerauge!