

CCDとCMOSイメージ・センサのシャッタ動作



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

はじめに

デジタル・カメラでは、ソリッドステートCCDまたはCMOSイメージ・センサの感光領域(フォトダイオード)で、被写体からの光を電子信号に変換してイメージをキャプチャします。イメージ・センサで生成される信号量は、イメージャに収束される光量に依存し、輝度と持続時間の両方が関係します。したがって、従来型フィルム・カメラと同様、デジタル・カメラでも露出を制御するために何らかの形態のシャッタが必要です。これは一般に、イメージ・センサの前方に外部の機械式シャッタを搭載するか、オンチップ電子シャッタを実装して達成します。

機械式シャッタを備えたデジタル・カメラでは、フォトダイオードの積分時間は機械式シャッタの開閉持続時間に依存します。一部のイメージ・センサは、電子的な手段で積分時間を制御します。これらのタイプのイメージ・センサを使用すると、機械式シャッタをなくすことができます場合があります。写真撮影用カメラで最も一般的な方法は、電子シャッタと機械式シャッタを組み合わせることで露出を制御することです。

このアプリケーション・ノートでは、3種類のシャッタ・メカニズムについて説明します。

- CCDイメージ・センサと電子シャッタ
- CMOSイメージ・センサと従来型のローリング・シャッタ
- CMOSイメージ・センサとグローバル・シャッタ

CCDイメージャと電子シャッタ

インターラインCCD(オン・セミコンダクターのカタログ内でKAIによる設計)には、電子シャッタ機能があります。インターラインCCDには、プログレッシブ・スキヤンとインタレース・スキヤンと2種類があります。オン・セミコンダクター製CCDはいずれも、プログレッシブ・スキヤンによる読み出しをサポートしています。インタレースCCDがプログレッシブ・スキヤンまたはインタレース・スキヤンのどちらで動作するかに応じて、機械式シャッタがどのように動作するか、またそれが必要かどうかが決まります。

プログレッシブ・スキヤンCCDと内蔵電子シャッタの組み合わせの場合、積分の前にイメージャ全体がリセットされ、フォトダイオードの残留信号が除去されます。次にフォトダイオードは露出中に電荷を累積します。積分期間の終了時に、すべての電荷が同時にセンサの光シールドされた領域に転送されます。その後、電荷はセンサの光シールドされた領域から外部にシフトアウトされて読み出されます。このモードでは、露出制御に機械式シャッタは必要ありません。

一部のインターラインCCDには、上記のプログレッシブ・スキヤンを実行する能力はありません。インターライン・モードでのみ読み出すことができます。このモードでは、プログレッシブ・スキヤン・モードの場合と同様に、電子シャッタが露出の開始時にすべてのフォトダイオードをリセットします。ただし、露出終了時にすべての電荷を同時にフォトダイオードから外部に転送できるわけではありません。イメージャの偶数および奇数ラインから取得した電荷を、別々の時間に転送する必要があります。したがって、イメージャは露出を正しく終了させることができず、偶数行と奇数行では積分時間が異なります。この場合は、露出を正しく終了させるために機械式シャッタが必要です。機械式シャッタが閉じた後、追加露出なしで、イメージャの偶数フィールドと奇数フィールドを一度に1つずつ読み出すことができます。大部分のコンシューマ用デジタル・スチル・カメラはこの方式で動作しています。

CMOSイメージャとローリング・シャッタ

CMOSイメージ・センサ内のローリング・シャッタは、フィルム・カメラのフォーカル・プレーン・シャッタに類似した方法で動作します(ローリング・シャッタは電子フォーカル・プレーン・シャッタと呼ばれることもある)。通常、イメージ・センサ内のピクセル行は、イメージの上端から下端まで行単位で、順にリセットされます。リセット・プロセスがある程度イメージの下方まで移動した時点で、読み出しプロセスが開始されます。イメージの上端からスタートし、ピクセル行が順に読み出され、リセット・プロセスとまったく同一形式かつ同一速度で下端まで行単位で進みます。

各行のリセット時刻からその行の読み出し時刻までの遅延時間が積分時間です。行のリセット走査時刻から行の読み出し時刻までの時間量を変化させることにより、積分時間(つまり露出)を制御できます。ローリング・シャッタ方式では、積分時間を1行分(リセット後に次の行で読み出し)から、フレーム全体(リセット後にイメージの下端まで達した時点で、上端から読み出しスタート)またはそれ以上の範囲で変化させることができます。

積分プロセスはある程度の時間にわたってイメージの上端から下端まで進むので、モーション・アーチファクトが明確になることがあります。例えば、キャプチャ中に自動車が移動した場合は、自動車の上端からの光は、自動車の下端からの光よりある程度早い時間に積分されるため、自動車の下端は、自動車の進行方向に向かって前方に現れることにな

ります。これにより、自動車がある程度スポーティに見える可能性があります。自動車を正確に表現したものではありません。イメージ内で移動している被写体とローリング・シャッタの関係によって、さまざまな変形が生じる可能性があります。類似効果は、フォーカル・プレーン・シャッタを採用している従来型フィルム・カメラでも得られます。



Figure 1. This Image of a Bus was taken using a CMOS Imager in Rolling Shutter Mode

CMOSイメージ・センサとグローバル・シャッタ

グローバル・シャッタを採用したCMOSイメージ・センサは、前述のインターラインCCDに類似した方法で露出を制御します。グローバル・シャッタ動作では、積分前にイメージ全体がリセットされます。ピクセルは積分時間中に電荷を累積することができます。積分期間の終了時に、各ピクセル内に累積された電荷が同時にセンサの光シールドされた格納領域に転送されます。その後、光シールドされた領域から信号が読み出されます。すべてのピクセルが同時にリセットされ、同じ間隔で積分されて、光シールドされた格納領域に同時に転送されるので、モーション・アーチファクトが発生する可能性はありません。

CMOSセンサでのフォトフラッシュのアプリケーション

フォトフラッシュは、低光量環境でイメージを正しく露出する目的でデジタル・カメラで一般的に使用されています。電子フラッシュの持続時間は一般的に非常に短い(数百 μ sからms単位)ですが、CMOSイメージ・センサの読み出し時間はそれより長くなることがあります。したがって、フォトフラッシュとCMOSイメージ・センサを組み合わせる場合は、特別な考慮が必要です。

- CMOSイメージ・センサ(ローリングまたはグローバル電子シャッタ)と機械式シャッタ
- CMOSイメージとグローバル・シャッタ
- CMOSイメージとローリング・シャッタ

フォトフラッシュ、ローリング・シャッタCMOSセンサ、機械式シャッタの組み合わせ

機械式シャッタをCMOSイメージ・センサと組み合わせる場合は、フォトフラッシュの動作は以下ようになります。

1. CMOSイメージの電子シャッタは、すべてのピクセルが同時に光を積分するように調整

されます(これにより希望する露出に比べて非常に長い積分時間が必要になることがある)

2. 機械式シャッタを開きます
3. フォトフラッシュを開始します
4. 機械式シャッタを閉じます
5. イメージを読み出します

イメージの全体的な読み出し時間に比べてフォトフラッシュの持続時間は非常に短いため、フォトフラッシュはイメージの全ピクセルを同時に積分するときのみ使用できます。リセットから読み出しまでの時間が、フレーム全体の時間より短い状況を検討しましょう。例えば、イメージのライン数の1/4とします。この状況では、積分プロセスはイメージ領域内で順次移動します。フォトフラッシュを使用している間に積分されるイメージ領域のみがフォトフラッシュの影響を受けます。フォトフラッシュのタイミングによっては、イメージの中間にあるバンドのみが正しく露出(フォトフラッシュによる露出)され、それより上と下の領域は露出不足になる(フォトフラッシュの使用前または使用後に積分されるため、利用可能な光のみを積分)結果につながります。これがセンサのプログラム設定積分時間を、この状況でその他の方法で要求される時間より長くする必要のある理由です。

フォトフラッシュとローリング・シャッタCMOSセンサを使用し、機械式シャッタを使用しない場合

CMOSイメージをローリング・シャッタ・モードで使用する場合は、フォトフラッシュの動作は次のようになります。

1. フォトフラッシュの持続時間にわたってすべてのピクセルが同時に積分されるように、イメージの積分時間が調整されます(ここでも、イメージに対して非常に長い積分時間が必要になることがある)。

2. イメージ全体でリセット・プロセスは行単位で進み、最終的にイメージ全体がリセットされます。
3. フォトフラッシュを開始します。
4. イメージは行単位で読み出され、最終的にイメージ全体が読み出されます。

イメージ・センサのすべてのピクセルを同時に積分する必要があるため、イメージ全体を完全に掃引するリセット・プロセスの所要時間とフォトフラッシュのための時間によって、フォトフラッシュ動作に使用するための最小露出時間が設定されます。

このモードでの正味露出時間は周囲光とフォトフラッシュからの光の両方を積分して得られます。上記のように、最高画質を達成するには周囲光レベルが、フォトフラッシュを使用できる最小光レベルを大幅に下回っている必要があるため、フォトフラッシュが露出輝度の大部分に寄与します。リセットと読み出しのプロセスを実行できる速度によっては、フォトフラッシュを使用するための最小露出時間はかなり長くなる可能性があり、それにより露出中にカメラや被写体が移動することでイメージがぶれるおそれが生じます。ただし、フォトフラッシュが持続する短時間だけ露出光量が供給されるため、このぶれは最小化されます。

フォトフラッシュ、CMOSセンサ、グローバル・シャッタの組み合わせ

CMOSセンサとグローバル・シャッタを組み合わせると、フォトフラッシュをかなり簡単に扱えるようになります。この場合、フォトフラッシュの動作は以下ようになります。

1. 機械式シャッタを開きます(使用する場合)
2. イメージのすべてのピクセルを同時にリセットします。
3. フォトフラッシュを開始します。
4. 各ピクセルに累積された電荷は同時にセンサの光シールドされた格納領域に転送されます。
5. 機械式シャッタを閉じます(使用する場合)。
6. イメージの光シールドされた領域を読み出します。

ステップ2とステップ4の間の時間は、フォトフラッシュの持続時間と同じ長さで制限する必要があります。上記のとおり、これは非常に短時間になる可能性があります。その結果得られる露出は、主にフォトフラッシュから提供された輝度に起因し、周囲光による輝度にわずかながら依存することになります。

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative