

[https://www.ximea.com/support/wiki/allprod/Sensors\\_Signals\\_Timing#Triggered-mode-without-overlap](https://www.ximea.com/support/wiki/allprod/Sensors_Signals_Timing#Triggered-mode-without-overlap)

## センサー信号タイミング

センサー信号タイミング

フレーム レート-計算シミュレーション

フリーラン モード (トリガーなし)

データ読み出しモードとオーバーラップ露光

オーバーラップのないトリガー モード

オーバーラップしない露光データと読み出しモード

表 1: 選択したカメラ モデルの一般的な時間

最小トリガー時間幅 (Ttrig\_min)

オーバーラップがある時のトリガー モード

表 2: 選択したカメラ モデルの一般的な時間

帯域幅係数

表 3: ピクセル クロック情報

最小トリガー時間幅 (t trig\_min)



各センサーのタイミングは異なります。

実際のタイミングは複数のパラメータに依存します:

- 露出時間 (ET)。この時間は、xiAPI によって (XI\_PRM\_EXPOSURE) で定義されます。
- データ読み出し時間 ( $t_{rd}$ )。次の要素に依存します:

センサーのビット深度

ビンニングまたはスキップの選択

使用される関心領域 (ROI)

転送速度 (MB/s) に依存するセンサークロック

転送されるデータ量 (MB) - 画像の解像度とピクセルあたりの転送ビット数 (BPP) に依存します

データ読み出しに使用されるチャンネル数

# フレームレート - 計算シミュレーション

フレームレートやその他のパラメータの計算を簡素化するには、カメラ センサーの種類に基づいて次のいずれかの計算アプリを使用します。

## カメラ速度計算機

[Camera\\_Performance\\_Calculator.xlsm](#) (非推奨)

For:

- **CMOSIS** (AMS Osram): CMV12000, CMV20000, CMV50000
- **Sony**: IMX174, IMX250, IMX252, IMX253, IMX255
- **Sony Pregius S**: IMX540, IMX541, IMX542, IMX530, IMX531, IMX532
- **Sony Medium Format**: IMX455, IMX461, IMX411
- **Gpixel**: GSENSE2020, GSENSE2020-BSI と GSENSE6060 BSI (Backside illuminated version), GSENSE5130
- **Gpixel**: GMAX3265, GMAX0505
- **ON Semiconductor**: AR1820HS
- **Luxima**: LUX13HS, LUX19HS, LUX160

[FPS\\_calculator\\_CMV.xlsx](#)

For:

- **CMOSIS** (AMS): CMV4000, CMV2000, CMV300

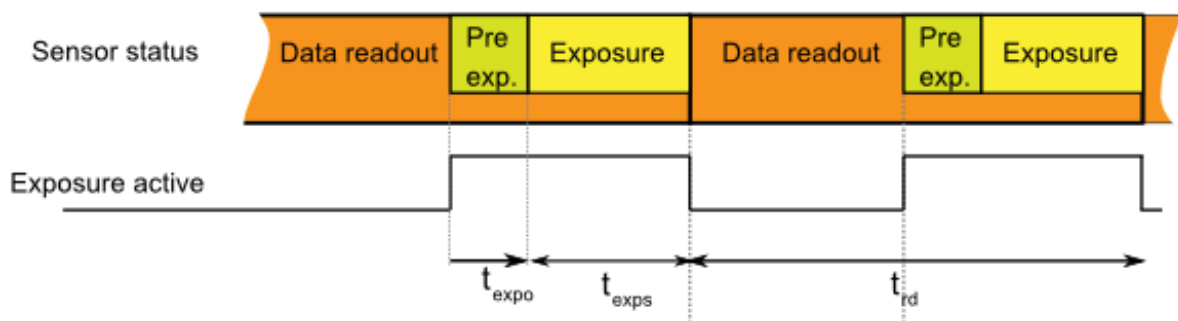
## フリーラン モード (トリガーなし)

各画像の露光は、可能な場合は自動的に開始されます。

このモードでは、センサーで可能な最高の fps (1 秒あたりのフレーム数) が得られます。

### オーバーラップ露光とデータ読み出しモード

このオーバーラップ モードでは、1 秒あたりのフレーム数が最大になります。



データ読み出しモードで露光オーバーラップ時のセンサータイミング

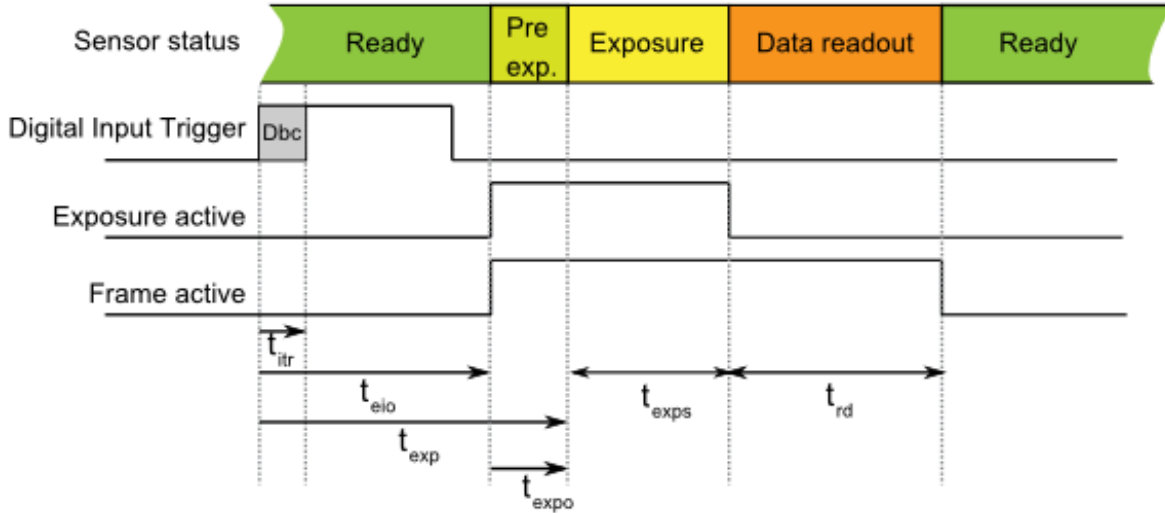
このモードでは、タイミングは最小露光時間とデータ読み出し時間によって決まります。

# オーバーラップなしのトリガー モード

各画像の露光は、入力トリガー信号によってトリガーされます。  
 このモードでは、フリーラン モードに比べて fps 値が低くなります。

## オーバーラップしない露光モードとデータ読み出し

ほとんどのセンサーは、入力トリガーがアクティブなときにこのモードを使用します。  
 このモードでは、データ読み出しでオーバーラップする露出モードよりも fps 値が低くなります。



データ読み出しモードで露光オーバーラップしない時のセンサータイミング

このモードでは、タイミングは次の合計に依存します：  
 入力遷移時間 ( $t_{itr}$ ) は次の要素に依存します：  
 デジタル入力遅延 - 内部回路をアクティブ状態に変える時間。カメラ モデルごとに一定です。

入力デバウンス時間 - 不均一な入力信号 (機械式スイッチなど) を安定させる時間。この時間は、一部のカメラでは xiAPI のパラメータ XI\_PRM\_DEBOUNCE\_EN および XI\_PRM\_DEBOUNCE\_T0 を使用して設定できます。デフォルトは 0 です。

露光時間 (上記の ET を参照)。  
 データ読出し時間 (上記  $t_{rd}$  を参照)

表1: 選択されたカメラモデルの標準的な時間

DownS	$t_{itr}$ [μs]	$t_{exp}$ [μs]	$t_{eio}$ [μs]	$t_{expo}$ [μs]	$t_{rd}$ [μs]	Notes
MU9 models:						
任意				200+		
xiQ/MQ models:						
任意	1.4	29	19/238	10	400+16.4 *BWF*LC	N1, N2
MD models:						
任意	2	<3	26/165	1	-	N3
任意	<70ns	<1	<1	<70ns	-	N4

**Note N1:** V(入力)=15V

**Note N2:** モデル名の x は、利用可能なすべてのモデル (M、C、R) を意味します

**Note N3:** オプトアイソレートされた入力と出力が使用されます。入力の立ち上がりエッジ。立ち下がりエッジの場合、遅延はプラス 48us です

**Note N4:** 絶縁された高速デジタル ライン (5V TTL のみ)

### 表 1 の凡例:

DownS = 現在のカメラのダウンサンプリング (XI\_PRM\_DOWNSAMPLING)

t eio = トリガー (デジタル入力) からストロボ (デジタル出力) (一部のモデルでは、Off -> On Change / On -> Off Changeと記載)

t exp = ストロボ (センサー) からデジタル出力 (一部のモデルでは、Off -> Ob Change / On -> Off Changeと記載)

t expo = 露光開始から露光アクティブ デジタル出力

LC = 現在のライン数 (XI\_PRM\_ HEIGHT)

BWF = Bandwidth Factor 最大帯域幅の帯域幅係数。帯域幅が低い場合は 1 で、BWF は上昇します (TBD)

t exps = 現在の露光時間設定 (XI\_PRM\_EXPOSURE)

コンディション: XI\_PRM\_DEBOUNCE\_EN=0 (オフ)。

### 最小トリガー時間幅 (Ttrig\_min)

最小トリガー時間幅は、次の式を使用して計算できます:

$$t_{trig\_min} = t_{exp} + t_{exps} + t_{rd}$$

MQ013MG-E2 の例、露出時間 = 500us、画像 = 幅 500 ピクセル x 高さ 200 ピクセル。

$$t_{trig\_min} = 29\mu s + 500\mu s + 400\mu s + 16.6\mu s * 200lines = 4249\mu s$$

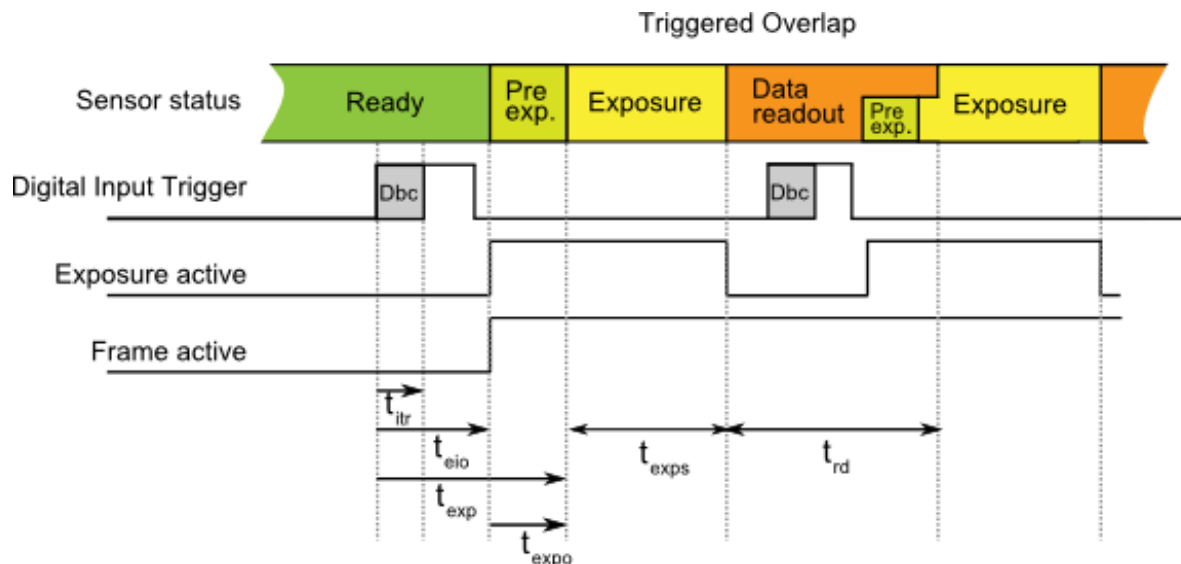
# オーバーラップのあるトリガー モード

いくつかのセンサーはオーバーラップ モードで露光をトリガーできるため、フリー ラン モードと同じ fps 値に到達できます。

トリガー時間幅が露光と読み出しよりも長い場合、信号波形はオーバーラップのないトリガー モードに似たものになります。

ただし、トリガー期間が短くなると、センサーはオーバーラップ モードで画像を露光します。

この場合、フレーム アクティブ信号は常にアクティブになります。



データ読み出しモードでオーバーラップ露光する場合のセンサータイミング

最大 FPS は、FPS\_calculator\_CMV.xlsx を使用して計算できます。

タイミングの説明については、前の段落「オーバーラップなしのトリガー モード」を参照してください

表 2: 選択したカメラ モデルの一般的な時間仕様

Camera Model	DownS	$t_{itr}$ [μs]	$t_{exp}$ [μs]	$t_{eio}$ [μs]	$t_{expo}$ [μs]	$t_{rd}$ [μs]	$t_{fot}$ [μs]	Notes
MQ042xG-CM	any	1.4	10	11/224	0	$(64.5+5.375*LC)*BWF$	64.5	N1,N2
MQ022xG-CM	any	1.4	10	11/224	0	$(37.625+5.375*LC)*BWF$	37.625	N1,N2
MQ003xG-CM	any	1.4	10	11/224	0	$(92.8 + 3.78 * LC)*BWF$	92.8	N1,N2, N3
MQ013xG-ONV	any	1.4	<2	11/224	0	$(23*W+3300)/BW+(7.66*W+1106)*LC/BW$		N1,N2,N4
MQ013xG-ON	any	1.4	<2	11/224	0	TBD		N1,N2

**Note N1:** V(入力) = 15V

**Note N2:** ピクセルあたり 8 ビットの最大帯域幅 (TBD)

**Note N3:** 露光時間が短い場合、露光は遅延されます。(  $t_{exps} < t_{rd}$  ) の場合、  $t_{eio} = t_{eio} + (t_{rd}-t_{exp})$  とほぼ等しくなります。

**Note N4:** VITA1300

**表 2 の凡例:**

DownS = 現在のカメラのダウンサンプリング (XI\_PRM\_DOWNSAMPLING)

$t_{eio}$  = トリガー (デジタル入力) からストロボ (デジタル出力) (一部のモデルでは、Off → On Change / On → Off Changeと記載)

$t_{exp}$  = ストロボ (センサー) からデジタル出力 (一部のモデルでは、Off → ON Change / On → On Changeと記載)

$t_{expo}$  = 露光開始から露光アクティブ デジタル出力

$t_{exps}$  = 現在の露光時間設定 (XI\_PRM\_EXPOSURE)

W = 画像幅 (XI\_PRM\_WIDTH)

LC = 現在のライン数 (XI\_PRM\_HEIGHT)

BW = 帯域幅 (Mbit/s)

BWF = 帯域幅係数 (下の表を参照)

**コンディション:** XI\_PRM\_DEBOUNCE\_EN=0 (off).

## 帯域幅係数

帯域幅係数は、最大ピクセル クロック周波数と帯域幅制限から計算された現在のピクセル クロック周波数の比率を反映する数値です。

$$BWF = F_{\max} / F_{\text{limit}}$$

ここで、 $F_{\max}$  は特定のセンサーの最大可能ピクセル クロック周波数 (MHz) であり、 $F_{\text{limit}}$  は API (XI\_PRM\_LIMIT\_BANDWIDTH) で設定された帯域幅制限パラメータによって決まる現在のピクセル クロック周波数です。 $F_{\text{limit}}$  は 1MHz 単位で設定され、 $F_{\min}$  より低くすることはできません。

Table3: pixel clock info

Camera Model	$F_{\max}$ [MHz]	$F_{\min}$ [MHz]	$F_{\text{limit}}$ [MHz]	Note
MQ042xG-CM MQ022xG-CM	48	5	$((129*BWL)/(1024*BPP))*((12+LC)/LC)*(W_{\max}/W)$	N1
MQ003xG-CM	43	38	$((325*BWL)/(316224*BPP))*((13+LC/2)*(W_{\max}/W))$	

**Note N1:** センサーは、読み出し用のチャンネル数を制限できます。  
提示された式は、最大帯域幅の半分まで有効です。 適時更新されます。

### 表3の凡例:

BPP - トランスポートピクセル形式のピクセルあたりのビット数

BWL - 現在設定されている帯域幅制限 (Mbit/s)

W - 画像幅

$W_{\max}$  - 可能な最大画像幅

### 最小トリガー時間幅 ( $t_{\text{trig\_min}}$ )

最小トリガー時間幅は、次の式を使用して計算できます。

$$t_{\text{trig\_min}} = t_{\text{exp}} + t_{\text{exps}} \text{ (露光時間が読み出し時間より長い場合)}$$

$$t_{\text{trig\_min}} = t_{\text{rd}} \text{ (露光時間が読み出し時間より大幅に短い場合)}$$

$$t_{\text{trig\_min}} = t_{\text{exps}} + t_{\text{fot}} \text{ (露光時間が読み出し時間より短い、その差が } t_{\text{fot}} \text{ より小さい場合)}$$

MQ022xG-CM の例、

露光時間 = 500us、画像 = 最大帯域幅でピクセルあたり 1 バイトの 2048 ピクセル幅 × 1088 ピクセル高さ。

$$t_{\text{trig\_min}} = 10\mu\text{s} + (37.625 + 5.375 * 1088 \text{lines}) * 1 = 5895\mu\text{s}$$

[https://www.ximea.com/support/wiki/allprod/Sensors\\_Signals\\_Timing#Triggered-mode-without-overlap](https://www.ximea.com/support/wiki/allprod/Sensors_Signals_Timing#Triggered-mode-without-overlap)

## Sensors Signals Timing

Sensors Signals Timing

Calculators - frame rate

Free-Run mode (no trigger)

Exposure Overlapped with Data Readout Mode

Triggered mode without overlap

Exposure Not Overlapped with Data Readout Mode

Table1: Typical times for selected camera models

Minimum trigger period (Ttrig\_min)

Triggered mode with overlap

Table2: Typical times for selected camera models

Bandwidth factor

Table3: pixel clock info

Minimum trigger period (t trig\_min )



Each sensor has different timing.

The real timing depends on multiple parameters:

- Exposure Time (ET). This time is defined by xiAPI by (XI\_PRM\_EXPOSURE)
- Data Readout Time ( $t_{rd}$ ). It depends on:
  - Sensor bit depth
  - Binning or Skipping selected
  - Region of Interest (ROI) used
  - Sensor clock which depends on Transfer speed (MB/s)
  - Amount of data transferred (MB) - depends on image resolution and number of bits transferred per pixel (BPP)
  - Channel count used for data read out



# Calculators - frame rate

In order to simplify the calculation of frame-rate or other parameters - use one of the following calculators based on camera sensor type:

[Camera speed calculator](#)

[Camera\\_Performance\\_Calculator.xlsm](#) (deprecated)

For:

- **CMOSIS** (AMS Osram): CMV12000, CMV20000, CMV50000
- **Sony**: IMX174, IMX250, IMX252, IMX253, IMX255
- **Sony Pregius S**: IMX540, IMX541, IMX542, IMX530, IMX531, IMX532
- **Sony Medium Format**: IMX455, IMX461, IMX411
- **Gpixel**: GSENSE2020, GSENSE2020-BSI and GSENSE6060 BSI (Backside illuminated version), GSENSE5130
- **Gpixel**: GMAX3265, GMAX0505
- **ON Semiconductor**: AR1820HS
- **Luxima**: LUX13HS, LUX19HS, LUX160

[FPS\\_calculator\\_CMV.xlsx](#)

For:

- **CMOSIS** (AMS): CMV4000, CMV2000, CMV300

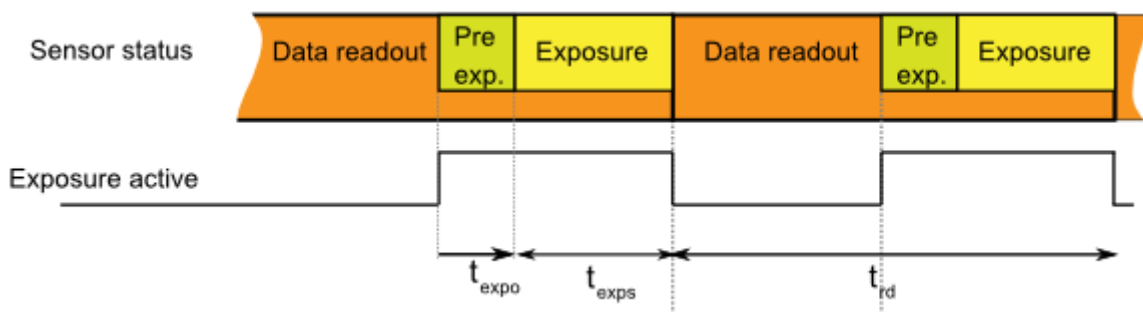
## Free-Run mode (no trigger)

Each image exposition is started automatically when possible.

This mode gives the highest fps (frames per second) that is possible on the sensor.

## Exposure Overlapped with Data Readout Mode

This Overlapped mode gives the highest number of frames per second.



*Sensor timing in Exposure Overlapped with Data Readout Mode*

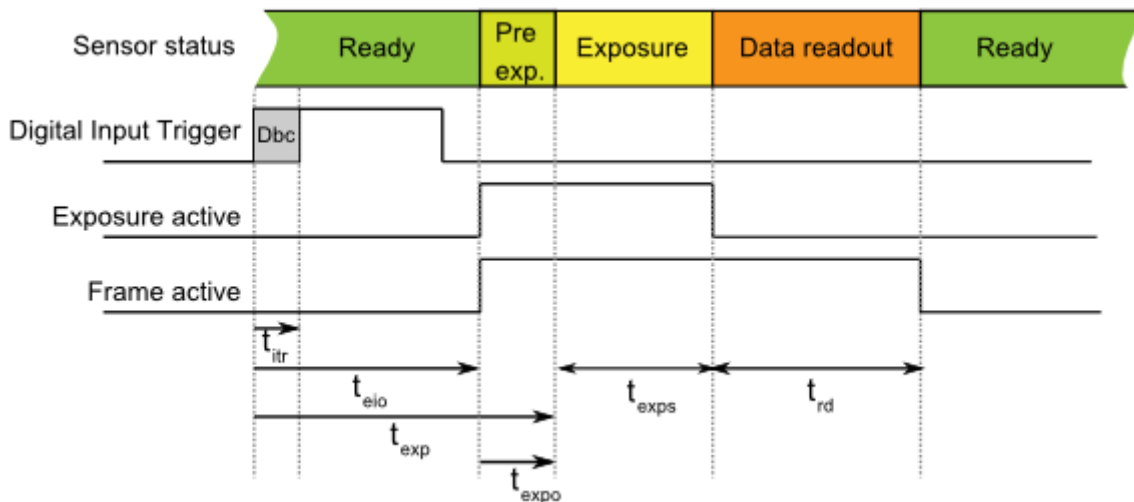
In this mode, the timing depends on the minimum Exposure Time and Data Readout Time.

# Triggered mode without overlap

Each image exposition is triggered with the input trigger signal. This mode gives a lower fps value compared to Free-Run mode.

## Exposure Not Overlapped with Data Readout Mode

Most sensors use this mode when the input trigger is active. This mode gives a lower fps value than Exposure Overlapped with Data Readout mode.



Sensor timing in Exposure Not Overlapped with Data Readout Mode

In this mode, the timing depends on the sum of:

Input transition time ( $t_{itr}$ ) depends on:

Digital Input Delay - time for changing the internal circuit to active state. It is constant for each camera model.

Input Debouncing Time - time for stabilizing uneven input signals (e.g. from mechanical switches). This time can be set using xiAPI with parameters XI\_PRM\_DEBOUNCE\_EN and XI\_PRM\_DEBOUNCE\_T0 on some cameras. Default 0.

Exposure time (see ET above).

Data Readout time (see  $t_{rd}$  above)

Table1: Typical times for selected camera models

DownS	$t_{itr}$ [μs]	$t_{exp}$ [μs]	$t_{eio}$ [μs]	$t_{expo}$ [μs]	$t_{rd}$ [μs]	Notes
MU9 models:						
any				200+		
xiQ/MQ models:						
any	1.4	29	19/238	10	$400+16.4 * BWF * LC$	N1, N2
MD models:						
any	2	<3	26/165	1	-	N3
any	<70ns	<1	<1	<70ns	-	N4

**Note N1:** V(Input)=15V

**Note N2:** x in model name means all available models (M, C, R)

**Note N3:** Optoisolated Input and output are used. Input rising edge. For falling edge the delay is plus 48us

**Note N4:** Isolated High Speed Digital Lines (5V TTL only)

**Table1 legend:**

DownS = Current camera DownSampling (XI\_PRM\_DOWNSAMPLING)

$t_{eio}$  = Trigger (Digital Input) to Strobe (Digital Output) (on some models is listed: Off->On change / On->Off change)

$t_{exp}$  = Strobe (Sensor) to Digital Output (on some models is listed: Off->On change / On->Off change)

$t_{expo}$  = Start of exposition to Exposure Active Digital Output

LC = Current Line Count (XI\_PRM\_HEIGHT)

BWF = Bandwidth Factor for maximum bandwidth this is 1 when the bandwidth will be lower BWF will rise (TBD)

$t_{exps}$  = Current Exposure Time set (XI\_PRM\_EXPOSURE)

**Conditions:** XI\_PRM\_DEBOUNCE\_EN=0 (off).

## Minimum trigger period (Ttrig\_min)

The Minimum trigger period can be calculated using the following formula:

$$t_{trig\_min} = t_{exp} + t_{exps} + t_{rd}$$

Example for MQ013MG-E2, Exposure time = 500us, image = 500 pixels width x 200 pixels height.

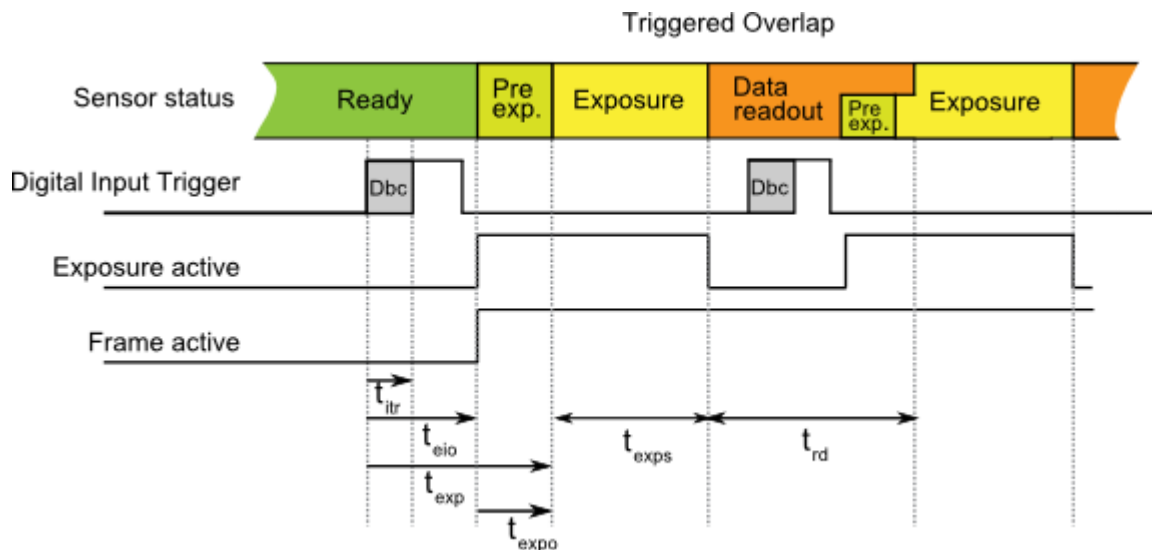
$$t_{trig\_min} = 29\mu s + 500\mu s + 400\mu s + 16.6\mu s * 200lines = 4249\mu s$$

# Triggered mode with overlap

Several sensors are capable to trigger exposure in overlap mode, so it is capable to reach the same fps value as in free run mode.

When the trigger period is longer than exposure and readout the signal waveform will look similar to Trigger mode without overlap.

However, when the trigger period will decrease the sensor will expose images in overlap mode. In this case frame active signal will be all the time active.



Sensor timing in Exposure Overlapped with Data Readout Mode

The maximum FPS can be calculated using [FPS\\_calculator\\_CMV.xlsx](#).

For timing description please see the previous paragraph Triggered mode without overlap

Table2: Typical times for selected camera models

Camera Model	DownS	$t_{itr}$ [ $\mu$ s]	$t_{exp}$ [ $\mu$ s]	$t_{eio}$ [ $\mu$ s]	$t_{expo}$ [ $\mu$ s]	$t_{rd}$ [ $\mu$ s]	$t_{tot}$ [ $\mu$ s]	Notes
MQ042xG-CM	any	1.4	10	11/224	0	$(64.5+5.375*LC)*BWF$	64.5	N1,N2
MQ022xG-CM	any	1.4	10	11/224	0	$(37.625+5.375*LC)*BWF$	37.625	N1,N2
MQ003xG-CM	any	1.4	10	11/224	0	$(92.8 + 3.78 * LC)*BWF$	92.8	N1,N2, N3
MQ013xG-ONV	any	1.4	<2	11/224	0	$(23*W+3300)/BW+(7.66*W+1106)*LC/BW$		N1,N2,N4
MQ013xG-ON	any	1.4	<2	11/224	0	TBD		N1,N2

**Note N1:**  $V(\text{Input}) = 15V$

**Note N2:** 8 bit per pixel maximum bandwidth (TBD)

**Note N3:** Exposure is delayed for short exposure times. If  $(t_{exps} < t_{rd})$  then  $t_{eio} = t_{eio} + (t_{rd} - t_{exps})$  approx.

**Note N4:** VITA1300

**Table2 legend:**

DownS = Current camera DownSampling (XI\_PRM\_DOWNSAMPLING)

$t_{eio}$  = Trigger (Digital Input) to Strobe (Digital Output) (on some models is listed: Off->On change / On->Off change)

$t_{exp}$  = Strobe (Sensor) to Digital Output (on some models is listed: Off->On change / On->Off change)

$t_{expo}$  = Start of exposition to Exposure Active Digital Output

$t_{exps}$  = Current Exposure Time set (XI\_PRM\_EXPOSURE)

W = Image width(XI\_PRM\_WIDTH)

LC = Current Line Count (XI\_PRM\_HEIGHT)

BW = Bandwidth in Mbit/s

BWF = Bandwidth Factor see table below

**Conditions:** XI\_PRM\_DEBOUNCE\_EN=0 (off).

## Bandwidth factor

Bandwidth factor is a number reflecting the ratio between the maximum pixel clock frequency and the current pixel clock frequency calculated from the Bandwidth Limit.

$$\text{BWF} = F_{\text{max}} / F_{\text{limit}}$$

Where  $F_{\text{max}}$  is the maximum possible pixel clock frequency for the given sensor (in MHz) and  $F_{\text{limit}}$  is the current pixel clock frequency which depends on the bandwidth limit parameter set in the API (XI\_PRM\_LIMIT\_BANDWIDTH).  $F_{\text{limit}}$  is set in 1MHz steps and can not go lower than  $F_{\text{min}}$ .

Table3: pixel clock info

Camera Model	$F_{\text{max}}$ [MHz]	$F_{\text{min}}$ [MHz]	$F_{\text{limit}}$ [MHz]	Note
MQ042xG-CM MQ022xG-CM	48	5	$((129 \cdot \text{BWL}) / (1024 \cdot \text{BPP})) \cdot ((12 + LC) / LC) \cdot (W_{\text{max}} / W)$	N1
MQ003xG-CM	43	38	$((325 \cdot \text{BWL}) / (316224 \cdot \text{BPP})) \cdot (13 + LC / 2) \cdot (W_{\text{max}} / W)$	

**Note N1:** Sensor is capable to limit the number of channels for readout.

The presented formula is valid down to half of the maximum bandwidth. Will be updated.

### Table3 legend:

BPP - number of bits per pixel of the transport pixel format

BWL - currently set bandwidth limit in Mbit/s

W - image width

$W_{\text{max}}$  - maximum possible image width

### Minimum trigger period ( $t_{\text{trig\_min}}$ )

The Minimum trigger period can be calculated using the following formula:

$$t_{\text{trig\_min}} = t_{\text{exp}} + t_{\text{exps}} \text{ (When exposure time is longer than readout time)}$$

$$t_{\text{trig\_min}} = t_{\text{rd}} \text{ (When the exposure time is significantly shorter than readout time)}$$

$$t_{\text{trig\_min}} = t_{\text{exps}} + t_{\text{fot}} \text{ (When exposure is smaller than readout time but the difference is less than } t_{\text{fot}} \text{)}$$

Example for MQ022xG-CM, Exposure time = 500us, image = 2048 pixels width x 1088 pixels height with maximum bandwidth and 1 byte per pixel.

$$t_{\text{trig\_min}} = 10\mu\text{s} + (37.625 + 5.375 \cdot 1088 \text{lines}) \cdot 1 = 5895\mu\text{s}$$