

МЕТОД БЫСТРОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАТВОРА ПЗС

© М. Е. Гусев

ОАО «НПП «Пульсар», 105187, Москва, Окружной пр., 27

На основе анализа свет-сигнальной характеристики ПЗС ячейки предложен алгоритм высокоскоростной подстройки электронного затвора. Проведено сравнение с применяемым классическим алгоритмом и с алгоритмом бисекции.

Ключевые слова: вертикальный антиблуминг, горизонтальный антиблуминг, ПЗС, электронный затвор, машинное зрение

Сведения об авторе: Гусев Михаил Евгеньевич, gusev@pulsarnpp.ru

FAST METHOD CALIBRATED ELECTRONIC SHUTTER FOR CCD

M. E. Gusev

JSC «S&PE «Pulsar», 105187, Moscow, Okružhnoy proezd, 27

Based analysis light-sensitive characteristics CCD cell algorithm of high-speed adjustment of electronic shutter was proposed. The comparing with applied classical algorithm and bisection algorithm was realized.

Keywords: vertical antiblooming, lateral antiblooming, CCD, electronic shutter, machine vision

Data of author: Gusev Mikhail Evgenevich, gusev@pulsarnpp.ru

Введение

По сравнению с фотоэмульсионными системами недостатком ПЗС является растекание фотогенерированного заряда в соседние фоточувствительные элементы при переполнении потенциальных ям фотоячеек на переосвещённых участках матрицы. Это явление носит название «блуминг». Для подавления блуминга в структуру кристалла ПЗС вводят специальное устройство – антиблуминг. Антиблуминг в ПЗС бывает горизонтальным или вертикальным, но управление этими устройствами не различается [1, 2].

Существует два режима работы устройства антиблуминга:

- режим собственно антиблуминга: на затвор (сток) устройства антиблуминга

подаётся постоянное напряжение, которое уменьшает барьер между потенциальной ямой фотоячейки и стоком устройства антиблуминга. С ростом величины приложенного напряжения увеличивается эффективность работы устройства антиблуминга. К сожалению, зарядовая ёмкость фотоячейки при этом уменьшается;

- режим электронного затвора: в процессе интегрирования заряда путём значительного увеличения на определённое время ранее приложенного напряжения обеспечивается отсутствие барьера между потенциальной ямой фотоячейки и стоком устройства антиблуминга. Накопление становится возможным только после окончания этого периода времени, чем и достигается регулирование времени накопления.

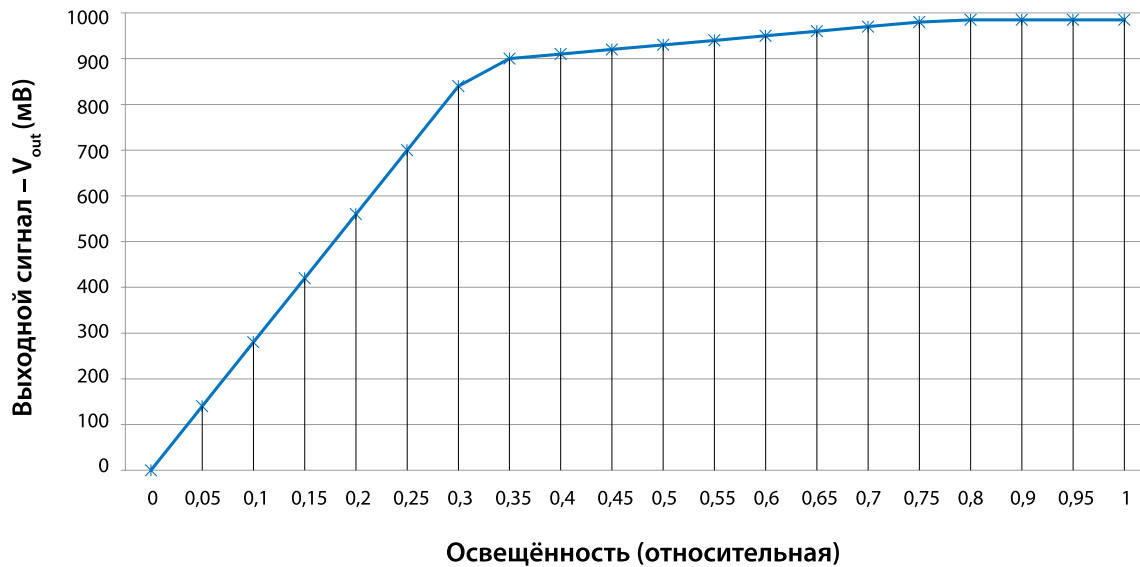


Рис. 1

Свет-сигнальная характеристика матричного ФПЗС A1186 производства ОАО «НПП «Пульсар» с вертикальным устройством антиблуминга (малокадровый режим)

Формулировка задачи

Рассмотрим свет-сигнальную характеристику отдельной фотоячейки матричного ПЗС (рис. 1).

Как видно из графика свет-сигнальную характеристику можно разделить на три участка:

1) **линейный** (от 0 до 0,3 по оси абсцисс), на котором потенциальная яма фотодиода не заполнена;

2) **насыщение** (от 0,35 до 0,75), на котором потенциальная яма фотодиода заполнена, но блуминга нет; отклик прямо пропорционален освещённости, но с меньшей чувствительностью, чем на линейном участке;

3) **перенасыщение** (от 0,8 до 1), при котором происходит растекание заряда – блуминг; выходной сигнал практически не изменяется.

С помощью электронного затвора можно уменьшить принятый заряд и добиться перехода из насыщенного/перенасыщенного состояния на участок линейной характеристики. Задача осложняется тем, что электронный затвор един для всего массива фотоэлементов матрицы, поэтому подстройка электронного затвора осуществляется до тех пор, пока не будут выполнены критерии остано-

ки автоподстройки. Основным критерием является полное отсутствие растекающегося заряда. Введём критерий 1:

$$\sum_j^s \sum_i^n = (V_{out_{ij}} \geq V_{oversat}) \rightarrow 0,$$

где i, j – индексы суммирования, n – количество пикселей в строке матрицы, s – количество строк в матричном массиве,

V_{out} – сигнал от пикселя, $V_{oversat}$ – напряжение перенасыщения (на рис. 1 это значение находится вблизи 985 мВ).

Формулировка второго критерия является отдельной задачей. В рамках текущего рассмотрения будем считать, что количество фотоячеек, достигших насыщения, не должно превышать заранее заданного числа. Введём критерий 2:

$$\sum_j^s \sum_i^n = (V_{out_{ij}} \geq V_{sat}) \rightarrow K,$$

где K – количество пикселей в насыщении (константа),

V_{sat} – напряжение насыщения (на рис. 1 это значение находится вблизи 900 мВ).

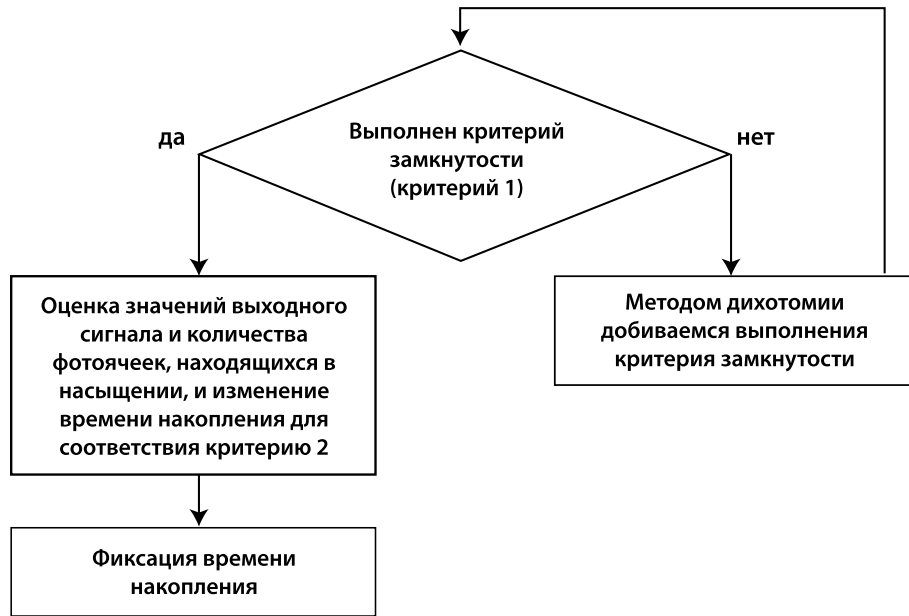


Рис. 2

Алгоритм автоподстройки

Классическим является подход, когда по результатам оценки (раз в кадр) принимается решение об увеличении/уменьшении на минимальный дискрет времени накопления. Примером реализации такого решения может служить связка из управляющих микросхем фирмы Sony CXA1310AQ, CXD2463R [3, 4].

Для увеличения скорости подстройки электронного затвора может быть применён метод бисекции [5]. Однако минусом метода является его алгоритм уменьшения окрест-

ности поиска значения. Значения могут оказываться по обе стороны числовой прямой от искомого значения, что в конкретном применении имеет нежелательный характер. Оператор будет видеть мерцающую картинку.

Предлагаемый алгоритм скоростной автоподстройки

Предлагаемый алгоритм позволяет уменьшить время автоподстройки

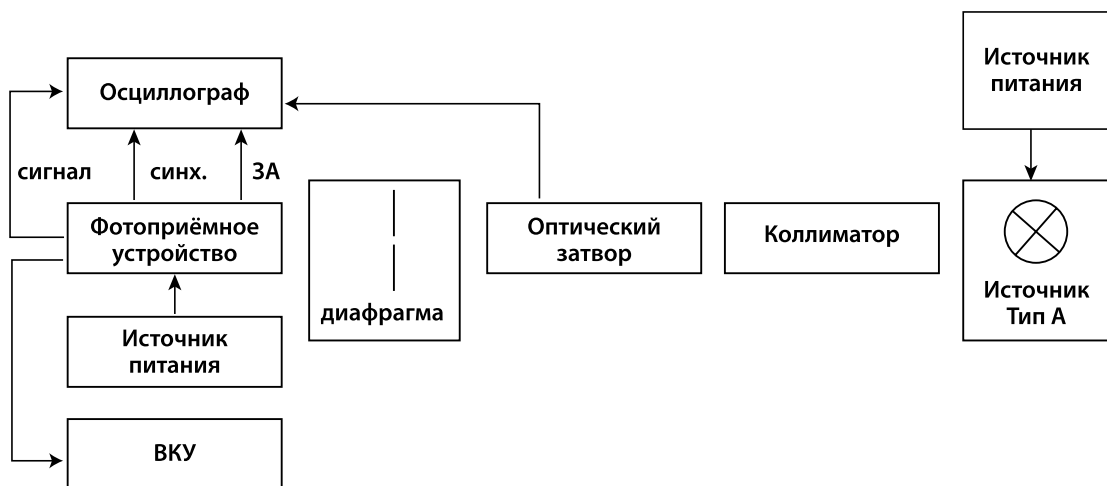


Рис. 3

Измерительная установка: синх. – кадровая синхронизация, ЗА – затвор антиблуминга. ВКУ – видеоконтрольное устройство

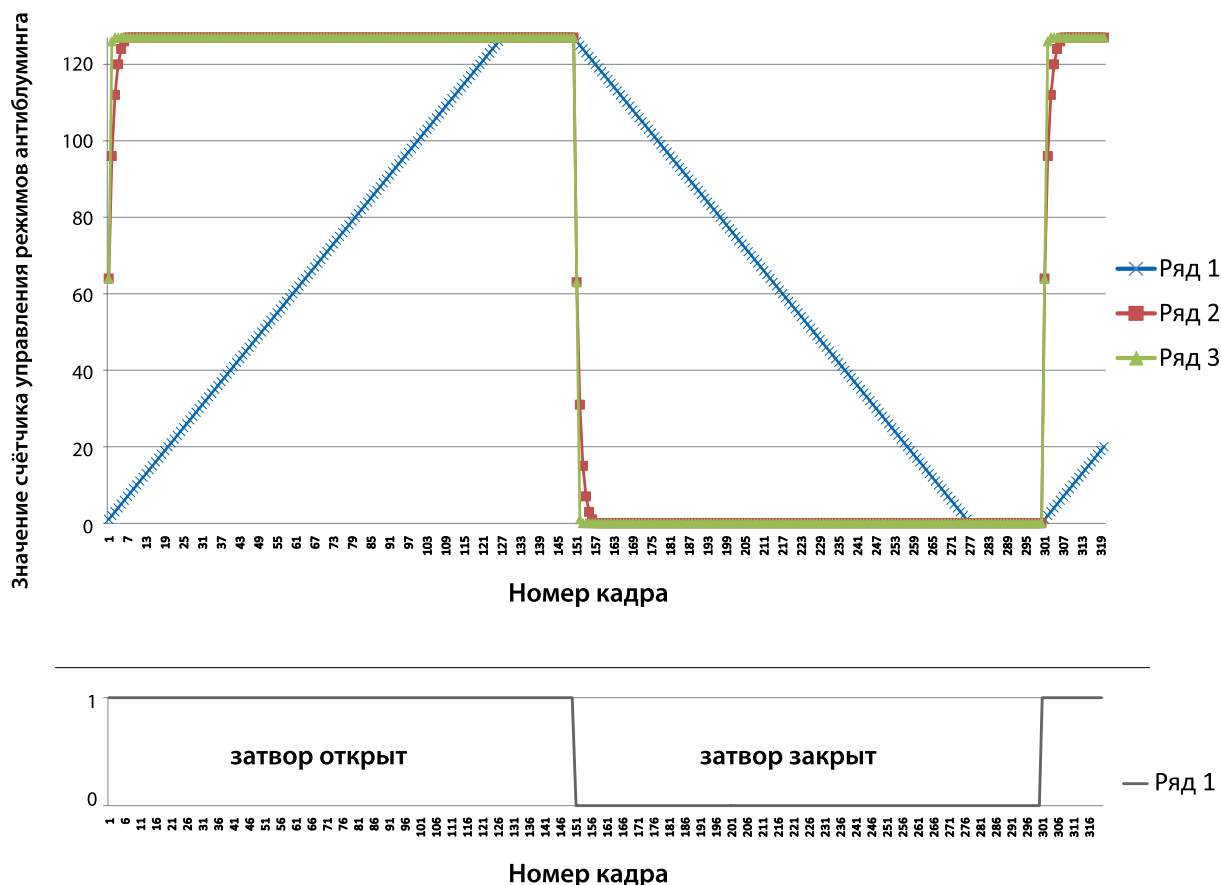


Рис. 4

Различные алгоритмы автоподстройки устройства антиблуминга (по оси абсцисс указан номер кадра): ряд 1 – классический вариант (инкремент/декремент), ряд 2 – метод бисекции (данные получены расчётным путём), ряд 3 – предлагаемый алгоритм

электронного затвора матричных ПЗС (рис. 2).

Проверка критерия замкнутости (соответствие критерию 1) – если заряд в фотоячейках под действием внешнего света начал растекаться, то оценить степень засветки нельзя, необходимо привести режим работы устройства антиблуминга в состояние, когда растекание отсутствует. Для этих целей можно использовать любой численный метод, в частности, метод бисекции из-за простоты его реализации в целочисленной логике.

Соответствие критерию 2 – исходя из значений и количества фотоячеек, находящихся в насыщении, можно сделать прогноз, основанный на том, что участок насыщения тоже имеет линейную зависимость.

Стоит также учитывать, что формулировка критерия 2 требует не строгого со-

ответствия, а лишь попадания в заранее заданную окрестность значений.

Экспериментальная часть

Схема измерительной установки приведена на рис. 3.

Освещённость при открытом оптическом затворе подобрана так, чтобы соответствовать минимальному времени накопления (максимальному значению счётчика антиблуминга). Результаты измерений отражены на рис. 4 и рис. 5.

Выводы

Как видно из рис. 4 и рис. 5 время автоподстройки электронного затвора может достигать до 127 кадров (более 5 секунд), что полностью соответствует приведённым в документации на

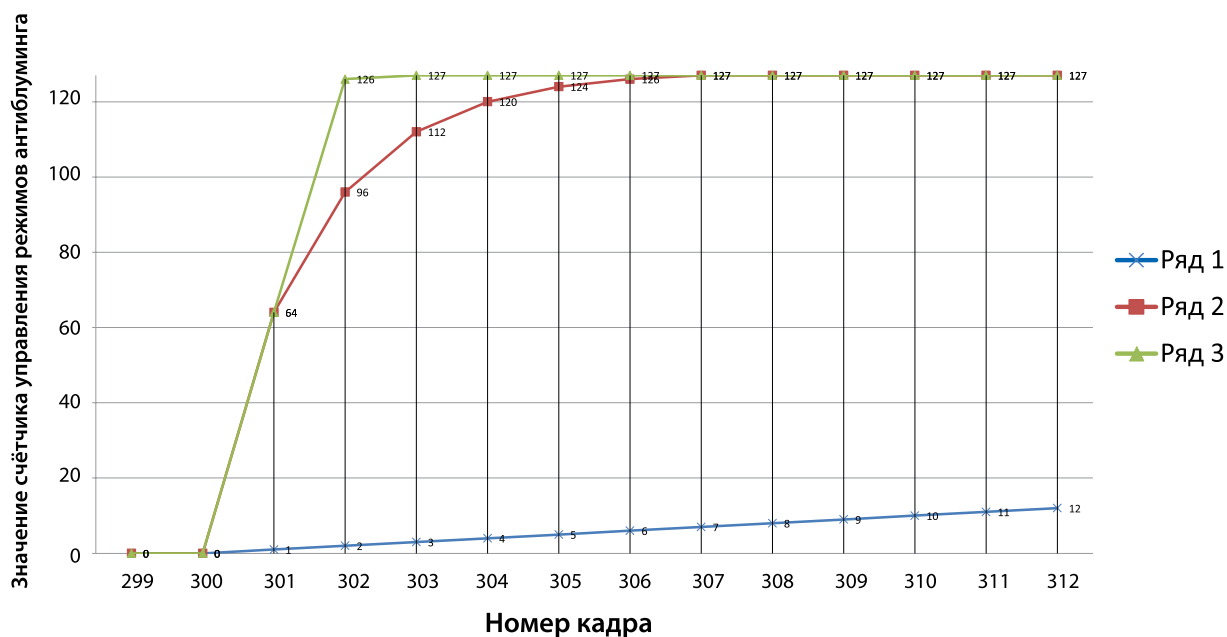


Рис. 5

Уточнение рис. 4

микросхему CXD2463R значениям [4] («Electronic shutter mode»).

Такие времена подстройки неприемлемы для систем оперативного реагирования и систем машинного зрения. Метод бисекции может быть использован для скоростной подстройки, но в силу своих особенностей усложняет обработку информации.

Предложенный алгоритм позволяет сократить скорость автоподстройки до счётного числа кадров. В случае перенасыщения автоподстройка завершается с 3-го кадра, а без перенасыщения – со 2-го кадра.

Литература

1. Theuwissen A. Solid-State Imaging with Charge-Coupled Devices, Kluwer, 2002, pp. 176-191.
2. CCD Fundamentals. URL: www.onsemi.ru.com/pub_link/Collateral/AND9188-D.PDF, rev. 2, 2014 (дата обращения: 11.02.2015).

3. URL: www.sony.com/CXA1310AQ Datasheet (дата обращения: 11.02.2015).
4. URL: www.sony.com/CXD2463R Datasheet (дата обращения: 11.02.2015).
5. Kaw A., Kalu E. Numerical Methods with Applications (1st ed.). URL: <http://autarkaw.com> 2008 (дата обращения: 11.02.2015).

References

1. Theuwissen A. Solid-State Imaging with Charge-Coupled Devices, Kluwer, 2002, pp. 176-191.
2. CCD Fundamentals. URL: www.onsemi.ru.com/pub_link/Collateral/AND9188-D.PDF, rev. 2, 2014 (accessed 11 February 2015).
3. URL: www.sony.com/CXA1310AQ Datasheet (accessed 11 February 2015).
4. URL: www.sony.com/CXD2463R Datasheet (accessed 11 February 2015).
5. Kaw A., Kalu E. Numerical Methods with Applications (1st ed.). URL: <http://autarkaw.com> 2008 (accessed 11 February 2015).