

# Введение в систему технического зрения





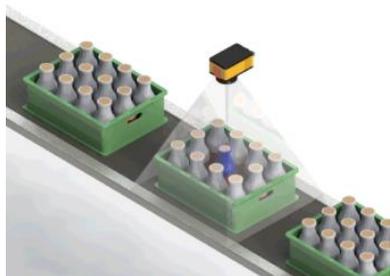
# Для чего используется система технического зрения?

Цели / преимущества

# Определение системы технического зрения

Система технического зрения - это система, обеспечивающая **обнаружение**, **автоматический контроль** и **анализ** объектов по их изображениям.

- В основном используется в промышленности / на заводах для контроля качества продукции в режиме реального времени для сокращения отходов и простоев
- Может точно и согласованно выполнять сложные и повторяющиеся задачи на высокой скорости
- Может также использоваться в качестве измерительной системы или системы управления роботом для выполнения таких действий, как подъем и перемещение объектов
- Все системы технического зрения имеют датчик изображения и программное обеспечение контроля для обработки изображений и определения выходного сигнала системы



# Преимущества

Другим решением по контролю качества или анализу объектов на производственной линии является контроль, выполняемый человеком.

- Но системы технического зрения имеют множество преимуществ по сравнению с контролем, выполняемым человеком:

	Контроль, выполняемый человеком	Контроль, выполняемый системой технического зрения
Непрерывность	Персонал меняется согласно графику работы	Безостановочный контроль
Допустимые пределы	Допустимые пределы меняются в зависимости от восприятия оператора или его условий работы	Фиксированные допустимые пределы, которые могут быть легко обновлены в программном обеспечении и скопированы на все системы
Время подготовки к работе	Требуется время для обучения каждого оператора	Доступен сразу после настройки системы
Стоимость	Ежедневные расходы на оператора	После установки дополнительные расходы отсутствуют
Точность	Глаза человека не могут использоваться для контроля размеров, меньших определенного значения	Зависит от характеристик системы. Может быть легко изменена в соответствии с требованиями
Тип выходного сигнала	Оператору необходимо ввести результаты контроля в систему отслеживания	Глобальный результат контроля + дополнительные сигналы результатов могут быть считаны любой системой и автоматически обработаны

# Различные виды контроля объектов

- **Присутствие:**

- Обнаружение определенного объекта, определение местоположения / угла, подсчет объектов.
- 

- **Контроль:**

- Обнаружение недостающей части объекта, определение неправильной формы.
- 

- **Измерение:**

- Проверка допусков частей объектов.
- 

- **Идентификация:**

- Определение изделия по названию метки изделия или штрих-коду.



# Какая архитектура?

Компоненты / Различные архитектуры

# Принцип работы системы технического зрения

## Принцип работы:

Система технического зрения **обнаруживает неподвижный или движущийся объект, захватывает изображение** этого объекта, **проверяет определенные свойства** этого изображения, а затем **передает результаты** различных этапов контроля.

Таким образом, различные этапы процесса визуального контроля включают:

- Обнаружение объекта
  - и запуск захвата изображения в соответствующий момент
- Захват подходящего изображения объекта
  - требуются надлежащее освещение, правильное фокусное расстояние и специальные светофильтры
- Выполнение этапов контроля по захваченному изображению
  - различные виды контроля, такие как обнаружение, подсчет, измерение...
- Вывод результатов этапов контроля
  - выходной сигнал затем используется другим устройством для выполнения соответствующих действий

# Базовая архитектура

## Система освещения:

Надлежащим образом освещает часть объекта, подлежащую контролю



Объект



## Датчик запуска:

Обнаруживает нужный объект



## Камера:

Захватывает изображение объекта и преобразует информацию в цифровой сигнал



## Объектив:

Позволяет правильно выбрать поле зрения и рабочее расстояние



## Плата обработки изображения:

Обработывает изображение, выполняет различные этапы контроля и выводит результаты контроля



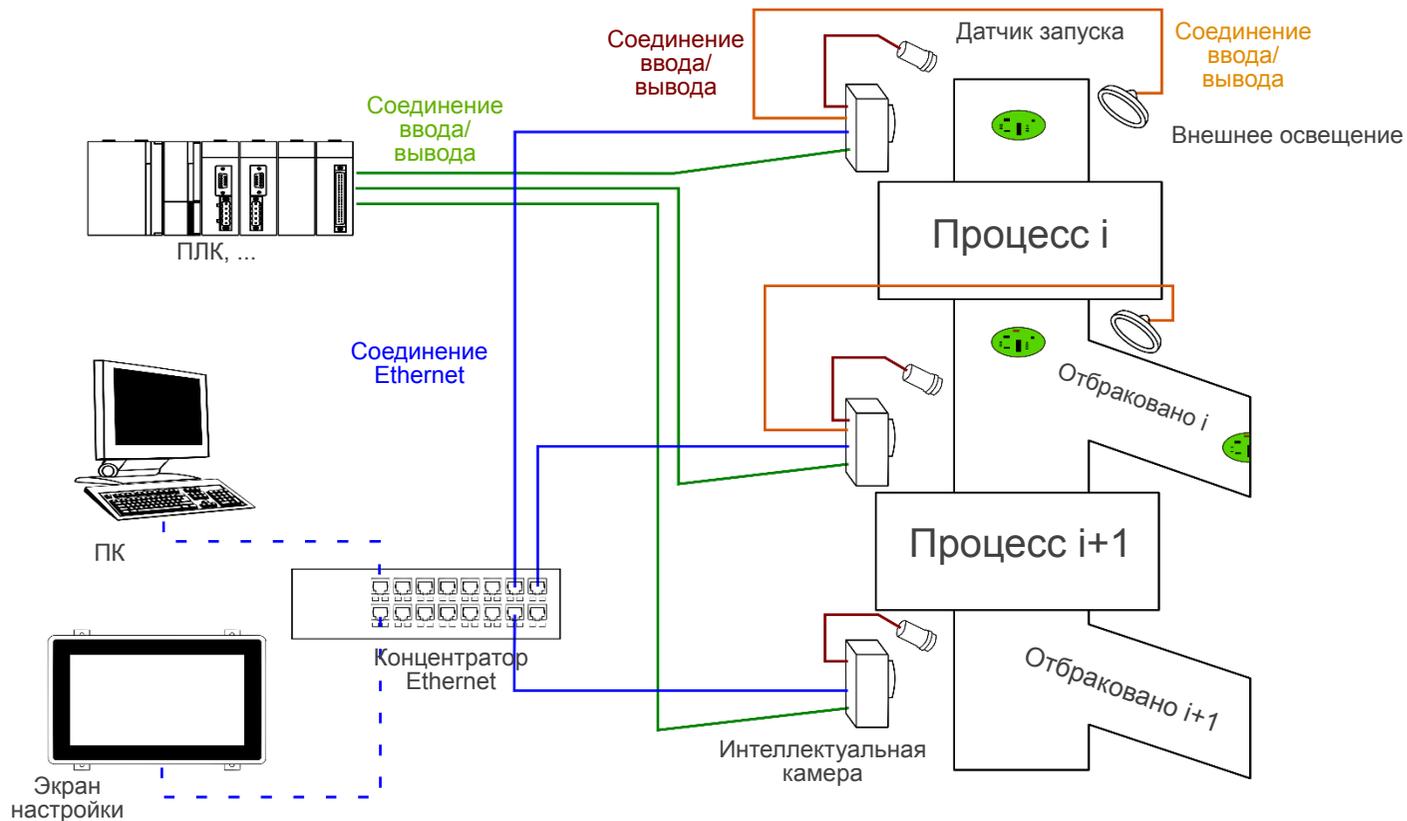
## Автоматическое исполнительное устройство:

Получает результаты контроля и выполняет соответствующее действие

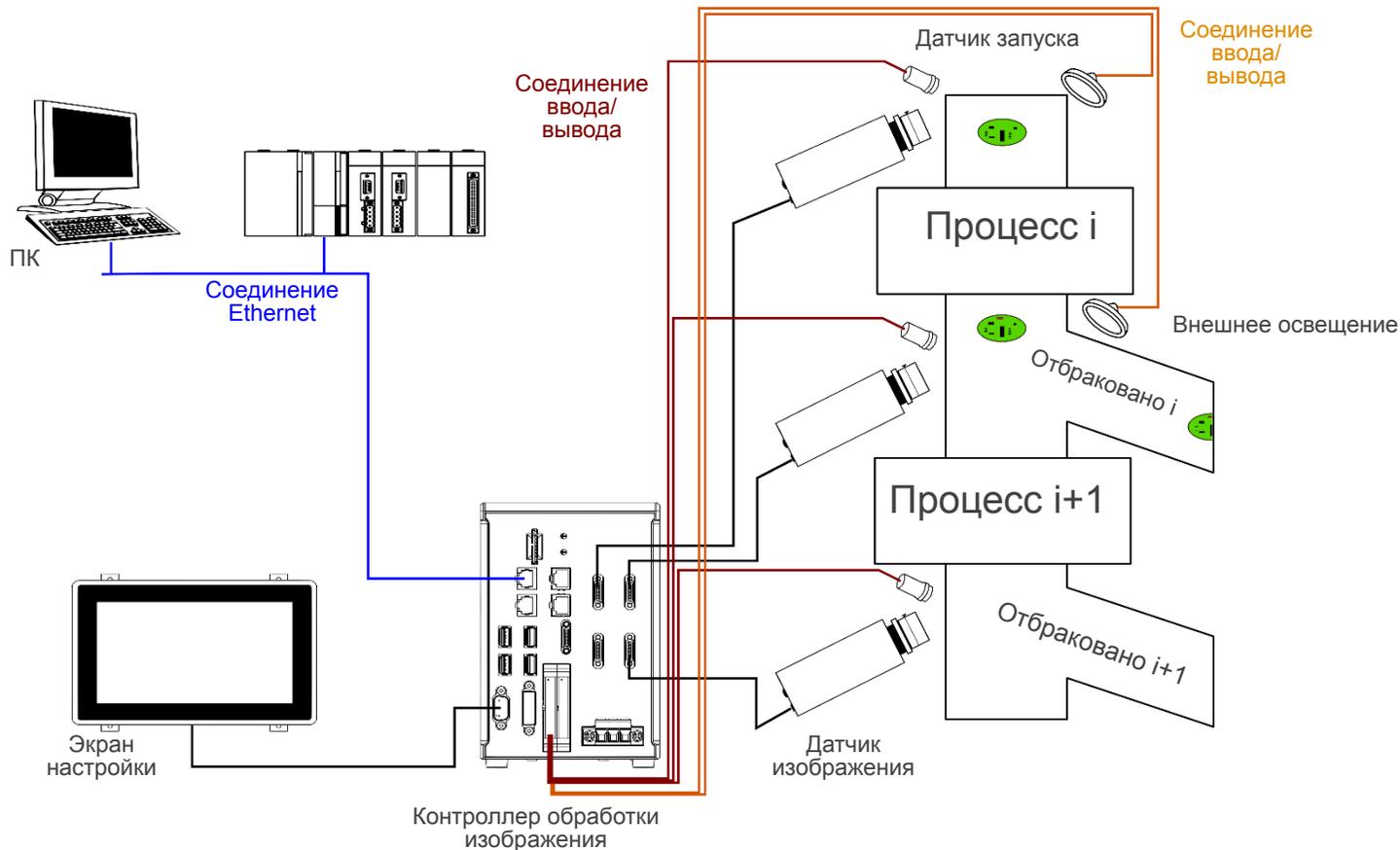
# Различные типы систем технического зрения

	Интеллектуальная камера	Датчик изображения + контроллер	Датчик изображения +ПК
Пример устройства			
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая
Настройка	Простая: нужно только подать питание и подключиться к программному обеспечению	Сложная	Сложная
Компоненты	Отдельная камера со встроенным объективом, освещением и платой обработки изображения	Камера с регулируемым объективом и светофильтрами и внешним освещением. Плата обработки изображения в общем контроллере	Камера с регулируемым объективом и светофильтрами и внешним освещением. Плата обработки изображения для ПК
Качество / Точность	Низкое / фиксированная оптика	Высокое / регулируемая оптика	Высокое / регулируемая оптика
Другое	Простая, малый размер	Позволяет управлять несколькими камерами. Позволяет изменять параметры оптики	Позволяет менять алгоритмы. Гибкая, более быстрая обработка

# Различные архитектуры: интеллектуальная камера



# Различные архитектуры: датчики изображения и контроллеры





# Что это значит?

Определения системы технического зрения



# Основные термины системы технического зрения

## Пиксель:

Пиксель является базовым элементом изображения или устройства отображения. Он характеризуется цветом. Массив пикселей используется для формирования или описания изображений.

- Количество строк и столбцов массива пикселей описывает разрешение изображения или разрешение экрана.  
Большее количество пикселей в области одного и того же размера создает изображение лучшего качества.



Разрешение 250x235

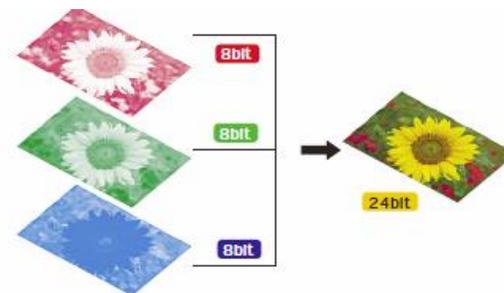


Разрешение  $\frac{250 \times 235}{4}$



Разрешение  $\frac{250 \times 235}{16}$

- Определенный цвет, который описывает пиксель, является суммой трех основных цветов: красного, синего и зеленого.



*В 24-битной цветовой системе используется по 1 байту на каждый цвет, однако во многих системах отображения цвета используется только 1 байт (количество цветов пикселей ограничено 8 битами → 256 цветами).*

# Основные термины системы технического зрения

## Фокусное расстояние / расстояние до объектива: (f)

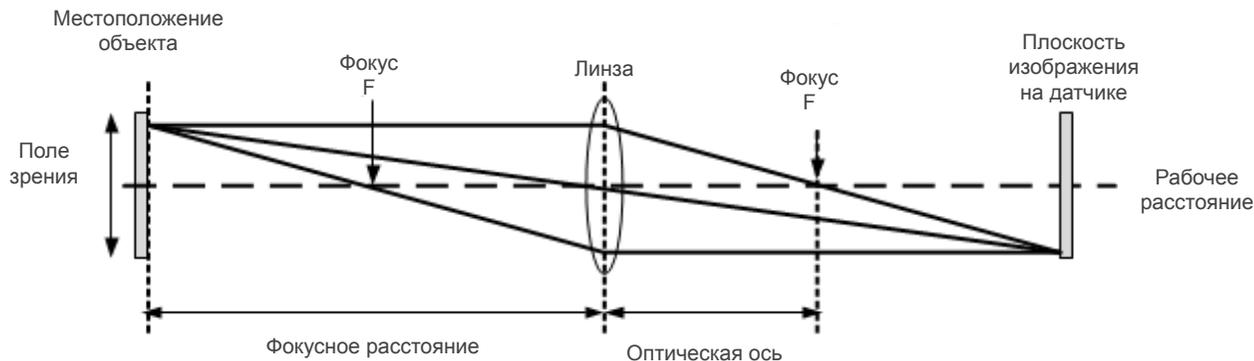
Фокусное расстояние оптической системы является мерой того, насколько сильно система собирает или рассеивает лучи света.

Фокусное расстояние собирающей линзы - это расстояние от изображения объекта до центра линзы, когда объект находится достаточно далеко от линзы (лучи света, приходящие от этого объекта, идут параллельно оси линзы).

→ Вообще, линза с большим фокусным расстоянием имеет большее увеличение.

*Примечание: Для собирающей тонкой линзы можно приблизительно определить положение изображения по фокусному расстоянию линзы и расстоянию от объекта до линзы:*

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\text{Объект}} + \frac{1}{\text{Изображение}}$$



# Основные термины системы технического зрения

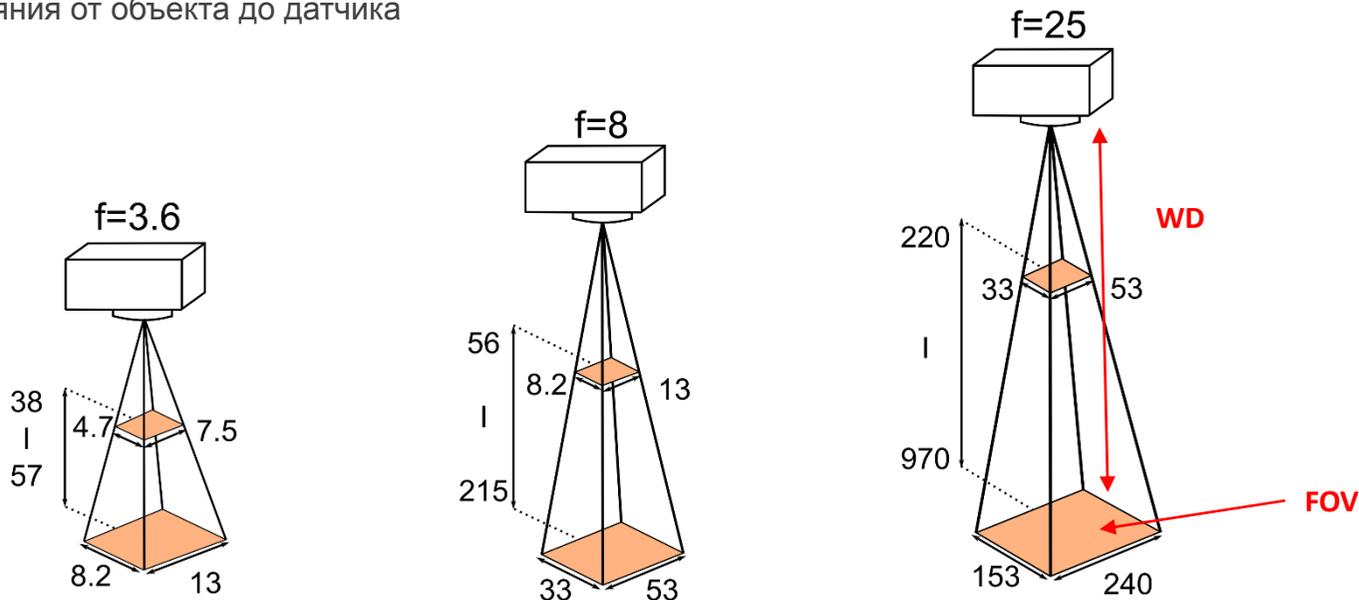
## Поле зрения: (FOV)

Область, которую может видеть устройство технического зрения.

Поле зрения зависит от фокусного расстояния линзы и расстояния от объекта до датчика изображения.

## Рабочее расстояние (WD)

Расстояние между линзой и объектом.



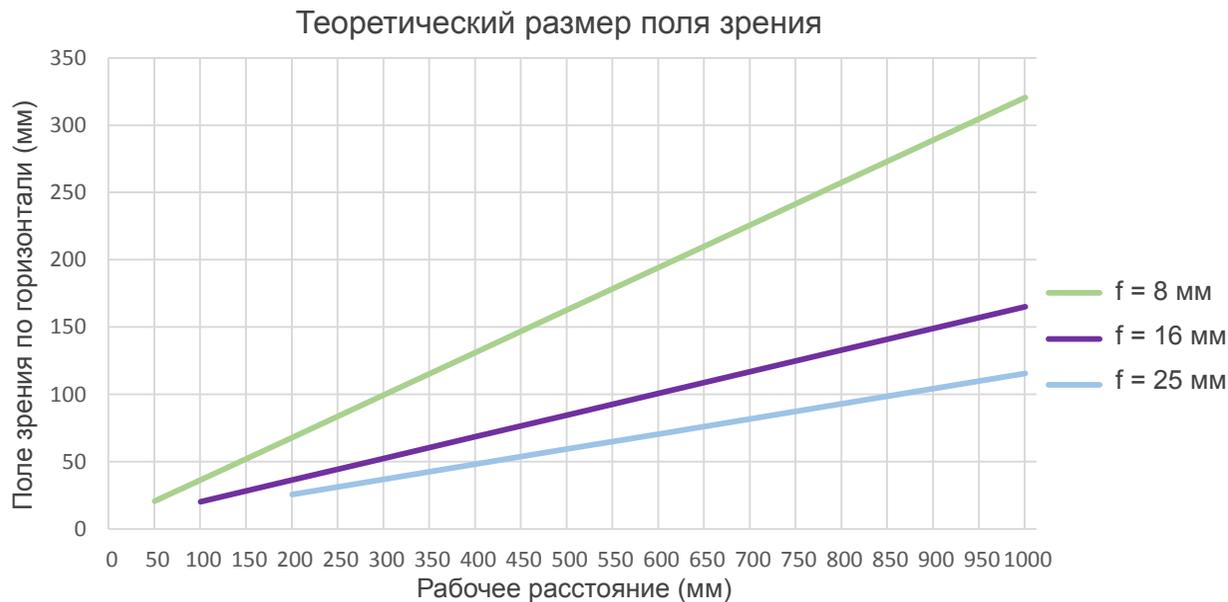
При  $f$ : фокусное расстояние (мм)

# Основные термины системы технического зрения

## Поле зрения (FOV) / рабочее расстояние (WD):

FOV и WD связаны, и их отношение будет различным в зависимости от фокусного расстояния линзы.

Пример зависимости поля зрения от рабочего расстояния для датчика изображения с определенным фокусным расстоянием:

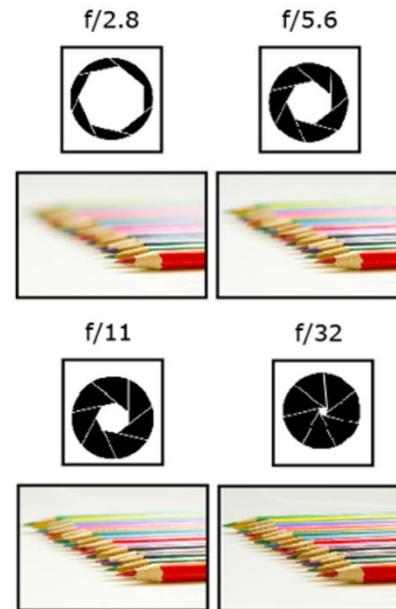
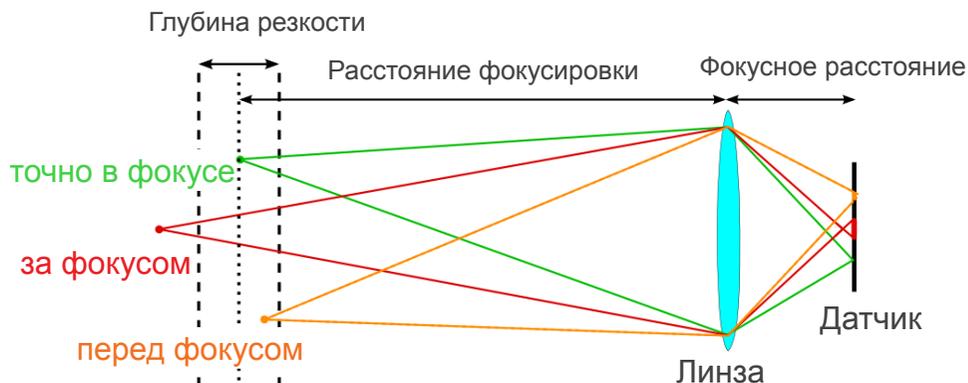


# Основные термины системы технического зрения

## Глубина резкости: (DOF)

Зона, в которой объект может находиться в фокусе и его можно видеть должным образом.

- Если глубина резкости больше: можно четко видеть больше объектов, расположенных на разных расстояниях от камеры
- Если глубина резкости меньше: мы фокусируемся в ограниченной зоне на определенном расстоянии от камеры (объект вне зоны не отображается должным образом)



где  $f/X$  - диафрагменное число

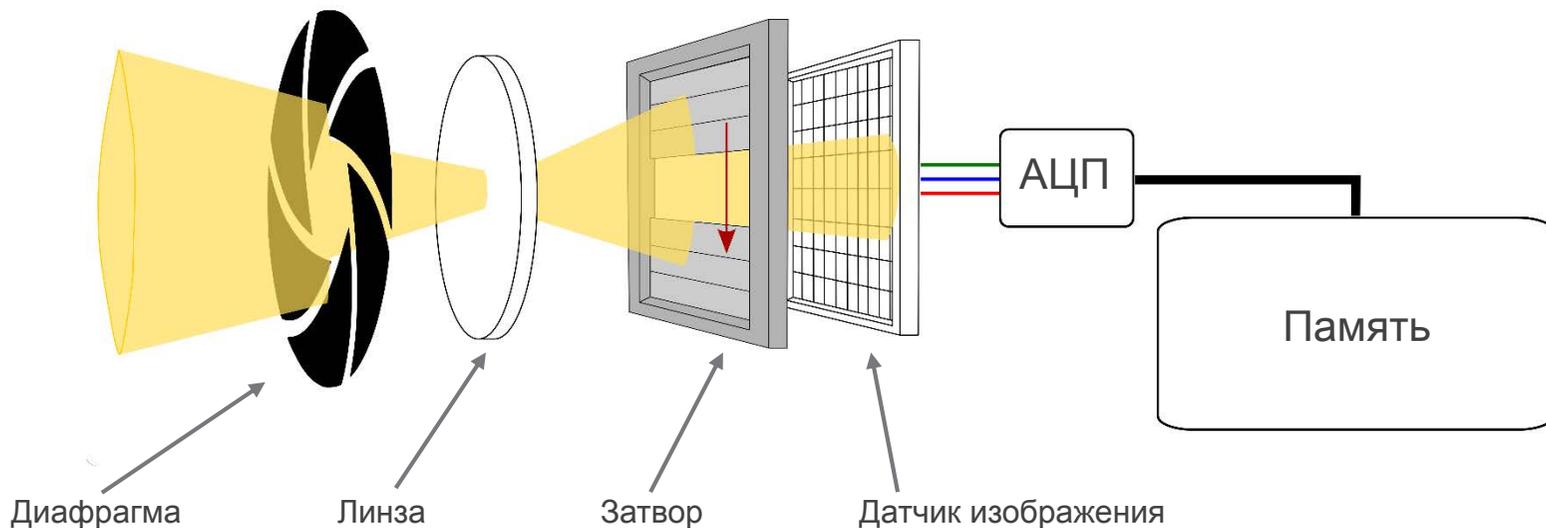
A large yellow container is the central focus in the foreground, set against a background of a complex blue industrial structure with various beams and supports. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows.

# Как захватить изображение?

Принцип работы

# Объект в цифровое изображение: общая конфигурация

Свет, отраженный объектом, проходит через различные ключевые компоненты системы технического зрения, прежде чем он достигнет датчика изображения и преобразуется в цифровой сигнал.



# Объект в цифровое изображение: общая конфигурация

## **Диафрагма:**

Позволяет уменьшить размер светового пучка, достигающего линзы, поэтому она может уменьшить интенсивность света, достигающего датчика изображения.

Меньший световой пучок меньше освещает датчик, но увеличивает глубину резкости.

## **Затвор:**

Позволяет свету проходить в течение определенного периода времени и достигать датчика изображения.

Длительно открытый затвор пропускает больше света на датчик и может создать эффект размытия при движении.

## **Линза:**

Позволяет управлять фокусным расстоянием системы и изменять значения рабочего расстояния и поля зрения.

Линза с большим фокусным расстоянием создает меньшее поле зрения для большего рабочего расстояния.

## **Датчик изображения: (фотоэлектрический датчик)**

Позволяет преобразовывать фотоны света в электроны для получения аналогового, а затем цифрового сигнала.

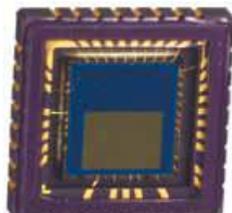
Могут использоваться 2 технологии: ПЗС (CCD) и КМОП (CMOS).

# Объект в цифровое изображение: датчик изображения

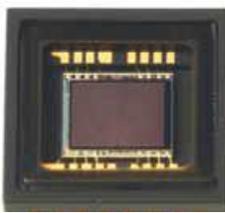
Позволяет преобразовывать фотоны света в электроны для получения аналогового, а затем цифрового сигнала. Этот процесс можно разделить на 3 основные части:

- 1 Разделение и захват входящего света в матрице красных, синих и зеленых ячеек (**пикселей**)
- 2 Сохранение входящего света в каждой ячейке в виде электронов
- 3 Перенос информации из ячеек (пикселей) в память

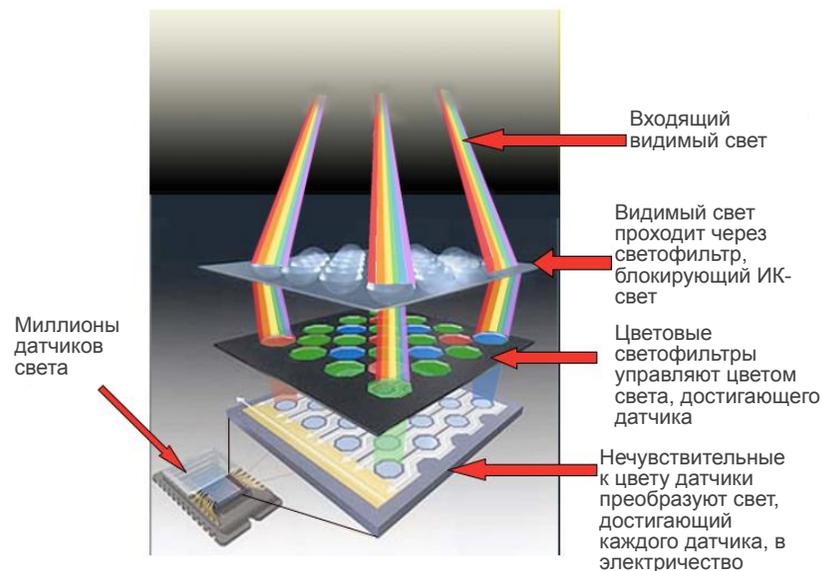
➤ 2 технологии:



КМОП (CMOS)



ПЗС (CCD)



# Объект в цифровое изображение: датчик изображения

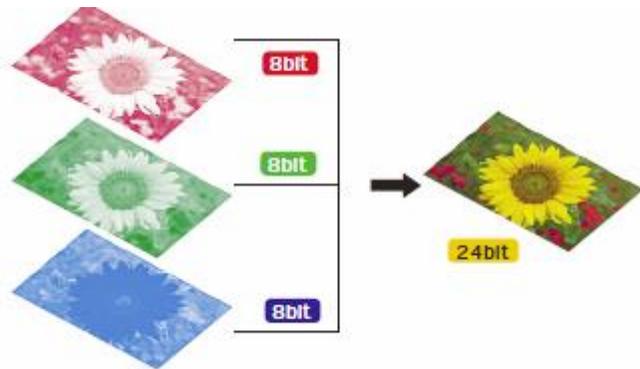
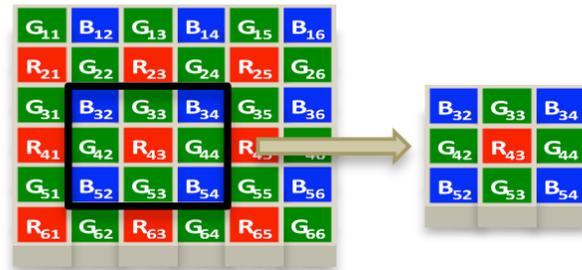
	КМОП (комплементарный металло-оксидный полупроводник)	ПЗС (прибор с зарядовой связью)
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Низкое энергопотребление</b></li><li>- Устойчивость к ударам и вибрации</li><li>- <b>Дешевые</b></li><li>- <b>Высокоскоростные</b></li><li>- Поскольку работа происходит с отдельными пикселями, это обеспечивает низкий уровень взаимных помех</li><li>- Возможность создавать другие функциональные элементы на той же кремниевой подложке</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Высокая точность</b></li><li>- <b>Хорошая чувствительность при слабом освещении / в темных местах</b></li><li>- Возможность миниатюризации</li></ul>
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ухудшение разрешения изображения</li><li>- <b>Плохое разрешение в темных местах</b></li><li>- <b>При миниатюризации увеличивается уровень шума</b></li><li>- Точное отображение затруднено</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Высокое энергопотребление</b></li><li>- Уязвимость к ударам и вибрации</li><li>- Дорогие</li><li>- <b>Увеличение скорости затруднено</b></li></ul>
Пример применения	Распознавание объектов, измерение расстояния, сверхбыстрая съемка и т. д.	Приложения, требующие высокого разрешения неподвижных изображений

# Объект в цифровое изображение: обработка пикселей

После получения массива пикселей необходимо перестроить изображение, вычислив значение RGB каждого пикселя (значение уровня каждой интенсивности цвета, хранящегося в 8 битах: 0-255).

**Для каждого пикселя:**

- ✓ уровень интенсивности того же цвета, что и светофильтр пикселя, используется непосредственно
- ✓ уровень остальных цветов рассчитывается как средний уровень соседних пикселей



$$R_{43} = R_{43}$$

$$G'_{43} = \frac{(G_{42} + G_{33} + G_{44} + G_{53})}{4}$$

$$B'_{43} = \frac{(B_{32} + B_{34} + B_{52} + B_{54})}{4}$$

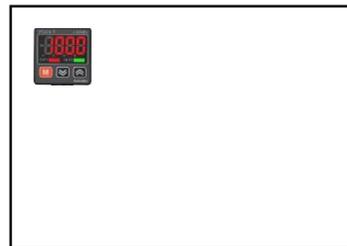
A large industrial robotic arm is shown in a factory environment, with various mechanical components and structures visible in the background. The scene is dimly lit, with some highlights on the machinery.

# Как захватить изображение хорошего качества?

Объектив / Свет / Светофильтры

# Размер объекта и поле зрения: выбор объектива

Чтобы надлежащим образом захватить изображение объекта и проанализировать его, необходимо правильно настроить поле зрения и рабочее расстояние.



Слишком большое поле зрения



Слишком узкое поле зрения

➤ Если размер объекта составляет **30 мм x 30 мм**, можно использовать:

- поле зрения **60 мм x 40 мм** для отображения всех подробностей объекта
- поле зрения **90 мм x 60 мм**, чтобы уверенно захватить объект даже на высокой скорости и отобразить достаточно подробностей
- еще большее поле зрения, если нужно только обнаружить присутствие объекта



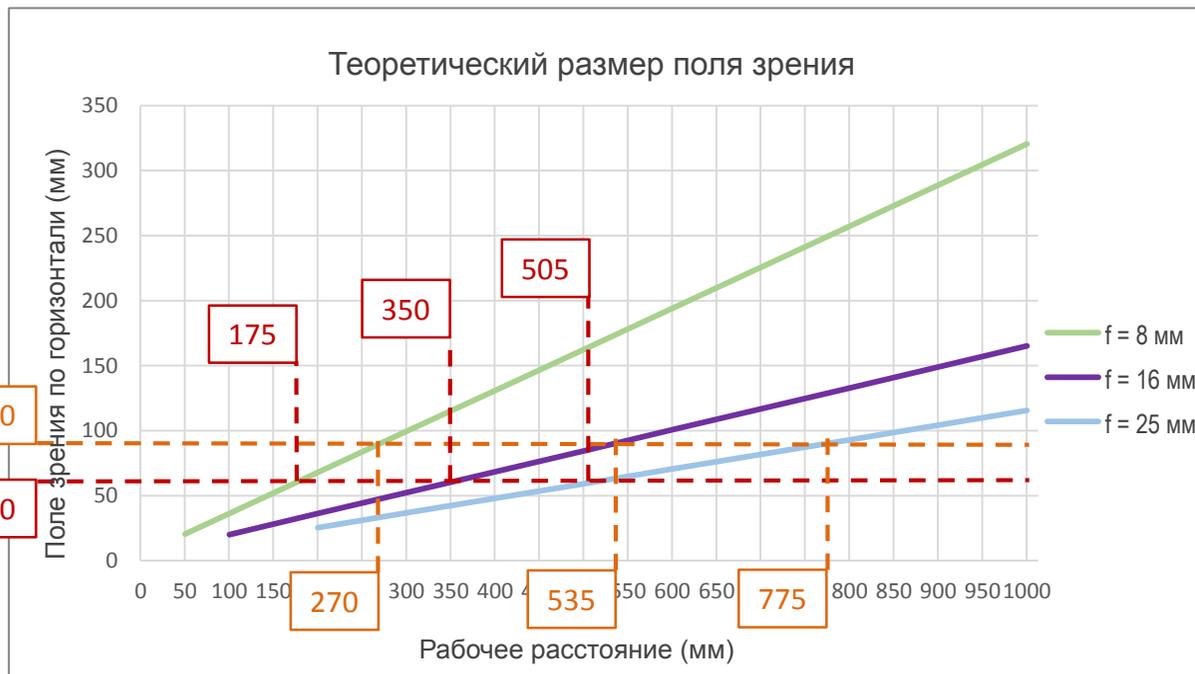
Поле зрения 60x40 мм



Поле зрения 90x60 мм

# Размер объекта и поле зрения: выбор объектива

- После определения поля зрения можно выбрать нужный объектив в зависимости от рабочего расстояния (WD) до объекта:



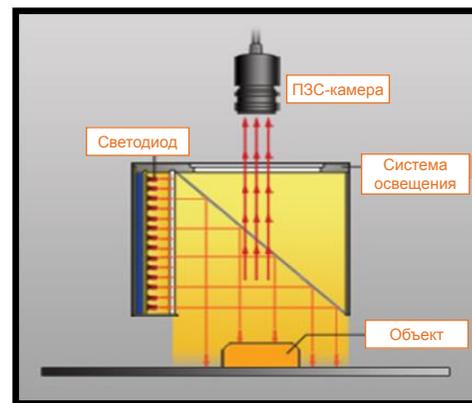
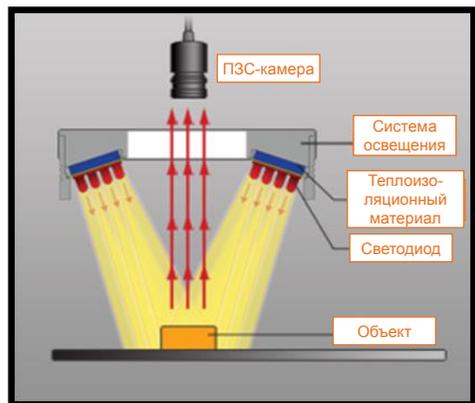
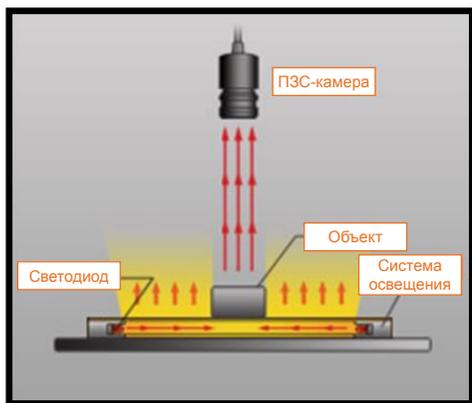
- Для поля зрения **60 мм x 40 мм**:
  - объектив с фокусным расстоянием **8 мм, WD = 175 мм**
  - объектив с фокусным расстоянием **16 мм, WD = 350 мм**
  - объектив с фокусным расстоянием **25 мм, WD = 505 мм**

- Для поля зрения **90 мм x 60 мм**:
  - объектив с фокусным расстоянием **8 мм, WD = 270 мм**
  - объектив с фокусным расстоянием **16 мм, WD = 350 мм**
  - объектив с фокусным расстоянием **25 мм, WD = 505 мм**

# Определение формы объекта или подробностей объекта: различные типы освещения

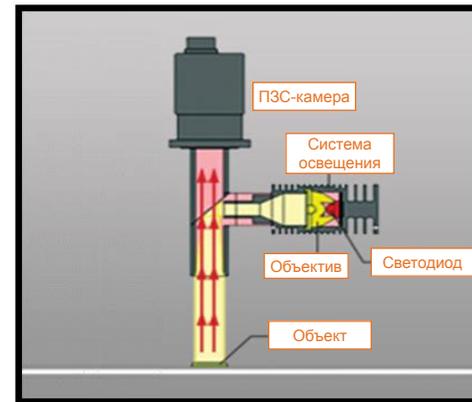
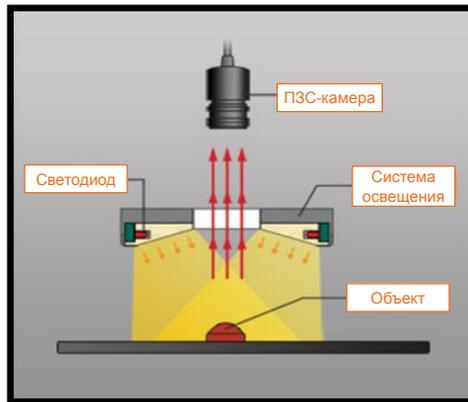
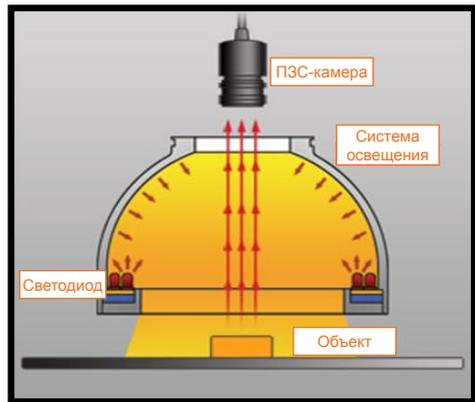
Для захвата надлежащего изображения объекта хорошие условия освещения являются одной из самых важных настроек.

Различные типы освещения будут влиять на обнаружение различных объектов, но они также могут отображать разные области одного и того же объекта.



Подсветка	Прямой свет	Круговой свет
Контроль силуэта   Обнаружение царапин на прозрачном объекте	Основной тип контроля	Равномерный рассеянный свет для изогнутого объекта

# Определение формы объекта или подробностей объекта: различные типы освещения



## Купольный свет

Равномерное освещение | Объект с низким лучепреломлением и блеском на поверхности

## Коаксиальный свет

Рассеянное освещение | Блестящий объект

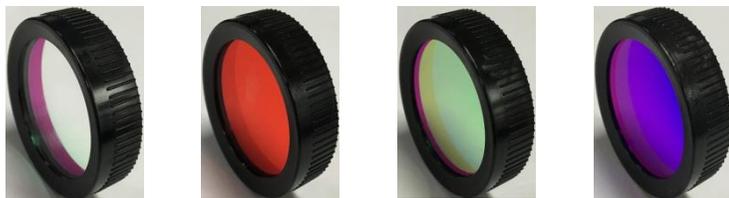
## Точечный коаксиальный свет

Для узкого поля зрения

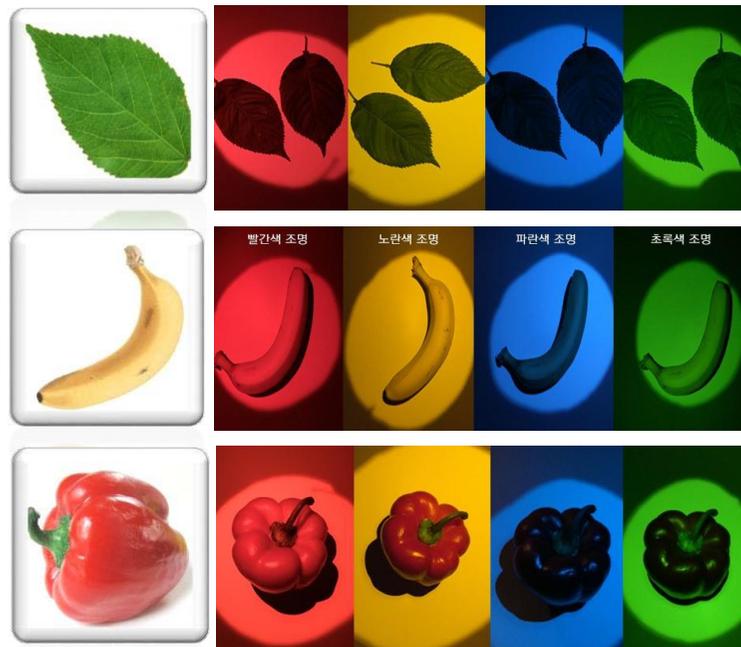
# Определение формы объекта или подробностей объекта: светофильтры

Использование светофильтра для пропускания или подавления определенной длины волны входящего света может улучшить обнаружение цветного объекта или элемента объекта.

В зависимости от приложения для одного и того же объекта могут понадобиться разные светофильтры



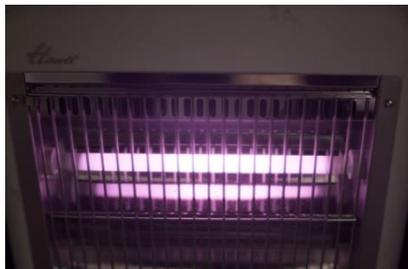
- Пример монохромного объекта:
  - использование синего светофильтра для определения формы листа
  - использование желтого светофильтра для обнаружения деталей на листе



# Улучшение изображения в особых условиях: светофильтры

- Пример светофильтра, отсекающего ИК-излучение: блокирование инфракрасного света

Без светофильтра



➤ Фокус на сопротивлении нагревателя

Со светофильтром



➤ Фокус на сетке нагревателя

- Пример поляризационного светофильтра: блокирование рассеянного света

Без светофильтра



➤ Нечитаемая визитная карточка

Со светофильтром



➤ Читаемая визитная карточка

# Захват изображения движущегося объекта: время экспозиции (выдержка)

Быстро движущийся объект может создать эффект размытия изображения, захваченного датчиком изображения.

→ Чтобы уменьшить этот эффект, **нужно уменьшить время экспозиции**: время, в течение которого открыт затвор и входящий свет попадает на датчик.

Уменьшая время экспозиции, мы:

- Делаем **изображение более четким**
- **Уменьшаем количество света**, получаемого датчиком (изображение становится темнее)



Время экспозиции (с):

1/500

1/30

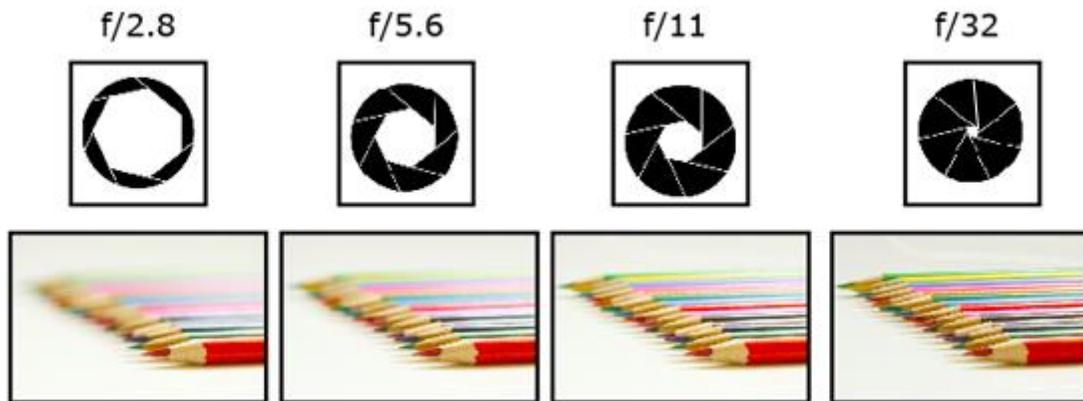
1/10

# Захват изображения только нужного объекта: глубина резкости (диафрагма)

В фотографии мы можем захотеть захватить изображение определенного объекта, а также фон. В процессе обнаружения объекта мы можем захотеть сфокусироваться только на одной определенной зоне, в которой может находиться объект.

Это свойство можно изменить с помощью диафрагмы:

- При меньшем отверстии диафрагмы глубина резкости будет больше
- При большем отверстии диафрагмы глубина резкости будет меньше



где  $f/X$  - **диафрагменное число**, равное:

$$\frac{\text{фокусное расстояние}}{\text{диаметр входного отверстия}}$$

# Улучшение определения формы после захвата изображения: контраст

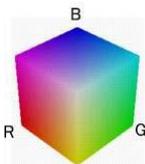
После того, как изображение будет захвачено датчиком изображения, его можно будет предварительно обработать перед выполнением этапов контроля.

Чтобы улучшить определение формы:

- можно усилить разницу между светлой и темной областью изображения (контраст)
- или просто преобразовать цветное изображение в полутоновое или черно-белое изображение (бинаризация)



256 уровней серого



16777216 цветов



8-битное полутоновое изображение в сравнении с 24-битным цветным изображением



Порог = 55



Нормальное изображение



Порог = 200

*Бинаризация: все пиксели со значением яркости ниже порогового значения станут черным, остальные станут белыми)*

# Улучшение четкости изображения: цветовой светофильтр и контраст изображения

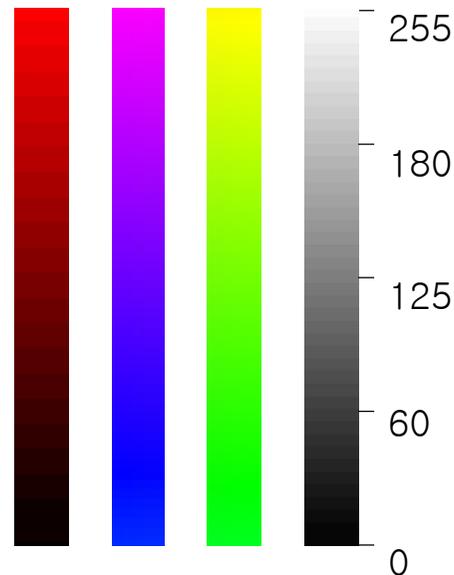
Комбинируя цветовой светофильтр и преобразование в полутоновое изображение, получим:



Цветное

Без светофильтра

С красным  
светофильтром



# Благодарим Вас



Система технического зрения - введение

[www.autonics.ru](http://www.autonics.ru) | Авторское право © 2017 Autonics. Все права защищены

**Autonics**  
Sensors & Controllers