

应用说明：

液态透镜在 HALCON 与 MERLIC 中的集成控制方案

新特光电是 Optotune 在中国的授权合作伙伴，一站式提供其全系列可调光学元件（液态可调焦镜头、精密&快速光束控制反射振镜、光束位移器、激光散斑衰减器及控制器）的选型匹配、应用方案设计及系统集成与工程落地全生命周期的技术支持。通过可调光学技术，实现焦距动态调节、光束精准偏转与高质量成像优化，广泛应用于激光加工、机器视觉检测、3D成像及高端科研系统等场景。

液态可调焦镜头：<https://www.sintecclaser.com/optical/liquid-lens.html>

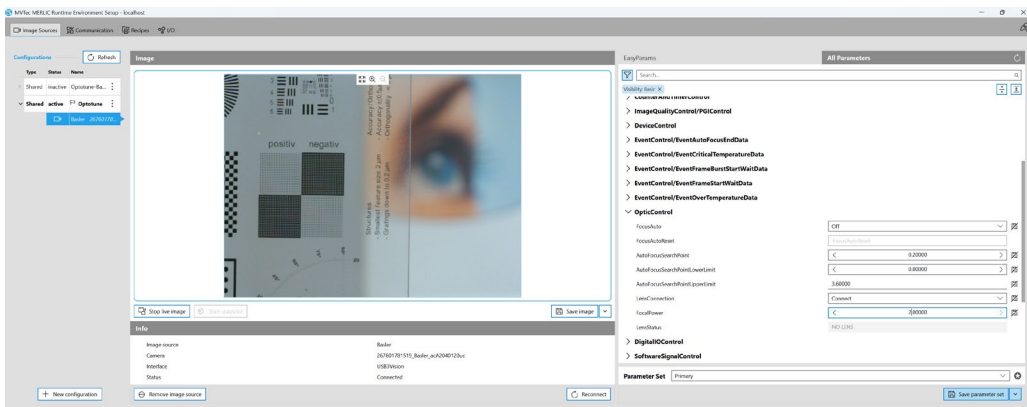
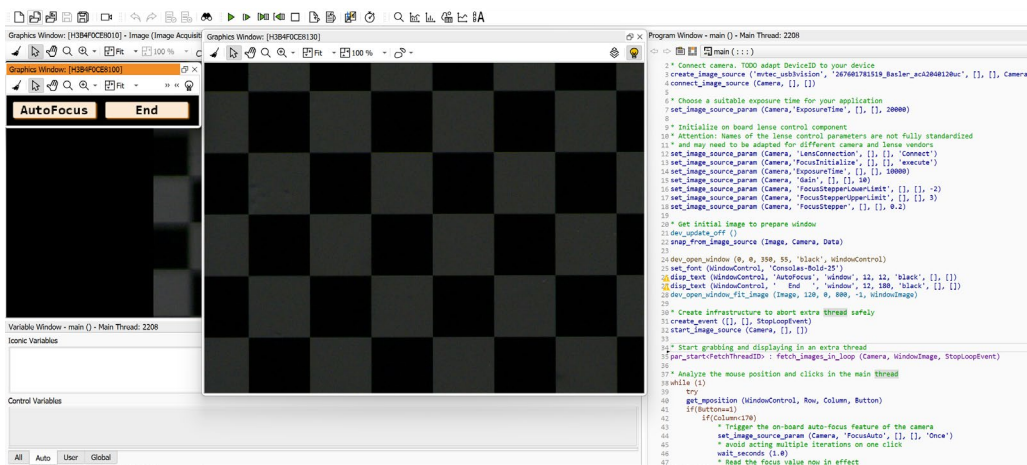
精密&快速光束控制反射振镜：<https://www.sintecclaser.com/optical/beam-steering.html>

光束位移器：<https://www.sintecclaser.com/optical/beam-shifting-devices.html>

激光散斑衰减器：<https://www.sintecclaser.com/optical/laser-speckle-reducers.html>

我们还可提供不同通光孔径、调焦范围、光束偏转角度及涂层波长（UV-IR）的定制化可调光学解决方案，满足从科研到工业量产的多样化需求。获取最新方案及报价，请联系：

手机/微信：罗经理：18162698939，夏经理：13697356016



1	目录	3
1.1	Optotune 液态透镜与相机的集成	3
1.2	Optotune-MVTec 接口选项	3
2	Optotune 液态透镜在 HALCON 中的接口连项	5
2.1	通过相机接口实现焦度控制与自动对焦	5
2.2	通过相机接口控制焦度并使用 Halcon 进行自动对焦	7
2.3	使用ECC-1C串行通信控制透镜	9
3	Optotune透镜与Merlic的接口连接	10
4	结论	11

1 引言

机器视觉已成为现代自动化领域不可或缺的一部分，使系统能够在无需人工干预的情况下实现“视觉感知”并进行智能决策。从制造产线上的高速质量检测，到物流领域复杂的3D物体识别，机器视觉软件提供了将摄像头图像转化为可操作数据所需的算法和工具。作为该领域的领军企业之一，MVTec Software GmbH是该领域的领军企业之一，其解决方案以灵活性、稳健性和广泛的应用支持而著称。其旗舰产品——HALCON和MERLIC——既满足了专业开发人员的需求，也满足了寻求快速、无代码部署的用户的需要。

HALCON是MVTec面向机器视觉的综合性标准软件，专为需要最大灵活性和控制权的开发人员设计。它提供了一个庞大的运算符库，涵盖图像采集、预处理、分割、特征提取、3D视觉和深度学习等领域。HALCON支持多种编程语言和操作系统，因此非常适合集成到各种工业环境中。例如，HALCON驱动的应用程序包括半导体晶圆的自动缺陷检测、汽车装配中的机器人引导，以及用于高速邮件分拣的光学字符识别（OCR）。其模块化和性能优化特性，使解决方案能够从实验室原型扩展到高吞吐量的生产系统。

另一方面，MERLIC专为快速、直观的机器视觉应用开发而设计，无需编程。其拖放式界面、内置工具库以及与自动化硬件的轻松集成，使其成为希望快速部署解决方案的用户的理想选择。MERLIC还集成了深度学习分类、测量工具和多摄像头支持等高级功能。应用场景包括食品行业的标签和包装检测、电子制造中的装配完整性验证，以及制药生产中的液位监测。这种方法使企业能够直接在生产现场创建和调整视觉应用，从而缩短开发周期并降低技术门槛。

HALCON与MERLIC共同构成一套互补的解决方案，不仅能满足广泛的机器视觉需求，还能与 Optotune液态透镜等先进光学硬件无缝集成。Optotune可调焦镜头支持通过软件快速控制对焦，使视觉系统无需机械运动即可适应不同物体高度或检测深度。通过将MVTec强大的视觉算法与Optotune镜头的动态对焦能力相结合，用户可以构建用于多层PCB检测、自动瓶装液位检查或3D零件测量等任务的检测系统——在简化系统设计的同时，兼顾速度与精度。

1.1 Optotune 液态透镜与相机的集成

现代相机集成的核心是 GenICam（通用相机接口），该标准由 EMVA 管理。它将硬件接口（如 GigE Vision、USB3 Vision）从应用层进行抽象化处理，并通过 GenApi、SFNC（标准特征命名约定）和 GenTL 等模块提供统一的编程接口。

对于液态透镜的集成而言，一个关键优势在于：符合 GenICam 标准的相机能够将光学控制参数（如焦距或镜头对焦调整）作为标准功能对外提供。这使得软件应用程序、SDK 或高级接口能够通过相机的 GenICam 接口直接控制液态透镜，从而简化集成流程，并在现有视觉系统中实现灵活的对焦调整。

GenICam标准功能命名规范（SFNC）2.7版提出了用于控制液态透镜焦距、自动对焦（AF）功能等的 OPTIC CONTROL 标准命名规范。该标准命名规范有助于 Optotune 液态透镜与相机的集成，特别是通过 Halcon 或 Merlic 等第三方软件访问这些功能。

23.4.24 FocalPower

Name	FocalPower [OpticControllerSelector]
Category	OpticControl
Level	Optional
Interface	IFloat
Access	Read/Write
Unit	dpt
Visibility	Beginner
Values	

23.4.23 FocusAuto

Name	FocusAuto [OpticControllerSelector]
Category	OpticControl
Level	Optional
Interface	IEnumeration
Access	Read/Write
Unit	-
Visibility	Beginner
Values	Off Once Continuous Device-specific

图 1. GenICAM SFNC 用于控制液态透镜的命令示例

Optotune 一直与多家相机制造商合作，致力于构建一个通过相机接口控制液态镜头的生态系统。成功案例包括 Basler、Opto-Engineering ITALIA 以及 Allied Vision Alvium 相机。以 Opto-Engineering ITALIA G.EL 相机为例，其内部已嵌入电流驱动器，相机本身即作为 Optotune 液态镜头的控制器。通过相机接口，可全面控制液态镜头的电流、焦距以及自动对焦功能。另一方面，对于 Basler 或 Allied Vision 的相机，则需要 Optotune ECC-1C 控制器（该控制器嵌入在液态镜头外壳内）为液态镜头供电。ECC-1C 可连接至相机的 GPIO 端口（通常使用 Y 型线缆供电），并通过 I2C 或 UART 协议建立相机与 ECC-1C 之间的通信。

通过将 Optotune 的可调光学元件与符合 GenICam 标准的相机，以及 MVTec 的 HALCON 或 MERLIC 软件强大的视觉功能相结合，工程师能够构建出适应性强、结构紧凑且高度可靠的机器视觉系统。这种协同作用实现了对焦的无缝控制，能够快速适应不同的检测深度，并高效集成到现有工作流程中。从机器人技术和精密检测到物流及自动化质量控制，这些解决方案为工业视觉在速度、精度和灵活性方面带来了新的提升空间。



图 2. Optotune 液态透镜与 Basler（左）和 ITALA（右）相机的集成

1.2 Optotune-MVTec 接口选项

使用 MVTec 的 HALCON 或 MERLIC 软件操作 Optotune 液态透镜以调节焦距或实现自动对焦（AF）功能，主要有三种应用场景。

场景 1. 通过相机接口控制焦距并实现自动对焦：将液态透镜直接连接至支持 Optotune 集成且固件中内置自动对焦算法的相机。在此配置下，自动对焦流程完全在相机上运行，而 PC（主机）仅用于发送应用所需的命令——主机上不进行任何图像处理或算法执行。HALCON 和 MERLIC 均支持此配置。

场景 2. 通过相机接口控制焦距，并使用 HALCON 进行自动对焦：液态透镜连接至相机，其焦距可通过相机接口调节，但自动对焦算法在 PC 上通过 HALCON 运行。此方案要求相机通过其接口提供焦距控制功能，但无需内置自动对焦算法。

场景 3. 使用 ECC-1C 串行通信控制透镜：相机和 ECC-1C 镜头控制器分别连接至 PC。ECC-1C 通过 Optotune 的 UART-USB 数据线，利用串行连接与主机通信。在此情况下，自动对焦算法在 PC 上的 HALCON 中运行，利用主机的处理能力。该方法适用于任何相机，无论其是否内置 Optotune 镜头集成功能。

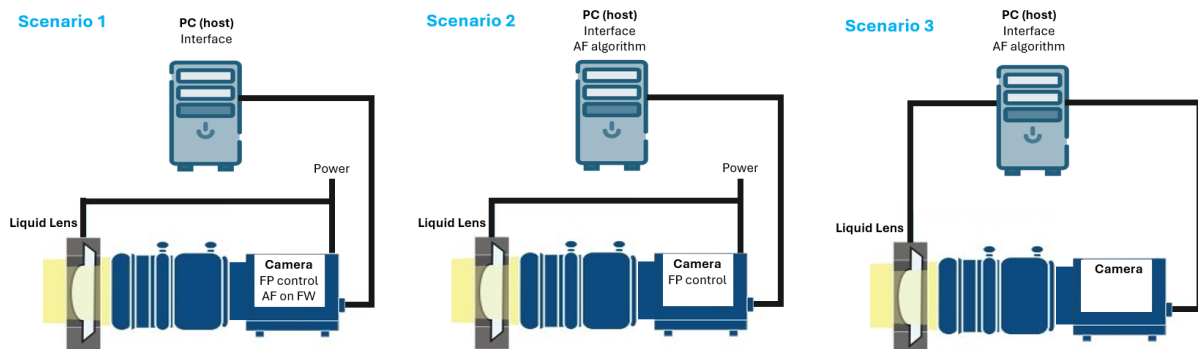


图3. 通过Halcon使用Optotune液态透镜的三种不同场景

我们为这三种场景提供了Halcon示例代码，并将在下一节中进行讨论。另一方面，对于Merlic，仅提供第一种场景，相关内容将在第3节中进行讨论。

2 Optotune 液态透镜与 Halcon 的结合

2.1 通过相机接口控制焦距和自动对焦

在本节中，我们将讨论将 Optotune 液态透镜与 Halcon 结合使用的场景 1。这些示例均使用 HDevelop XL 25.05 Progress 版本。如第 1.2 节所述，场景 1 仅适用于能够与 Optotune 液态透镜集成（通过 ECC-1C 控制器或内置透镜控制器）以控制液态透镜焦距，且其固件中已实现自动对焦算法的相机。

此场景的示例脚本可在此处找到，文件名为 AutoFocus_Camera.hdev，

我们将深入解析该脚本并讨论其中的各项命令

首先，请确保在“图像采集”选项卡中已验证相机连接。此步骤还可让您确认设备ID，该ID随后可在您的脚本中使用。

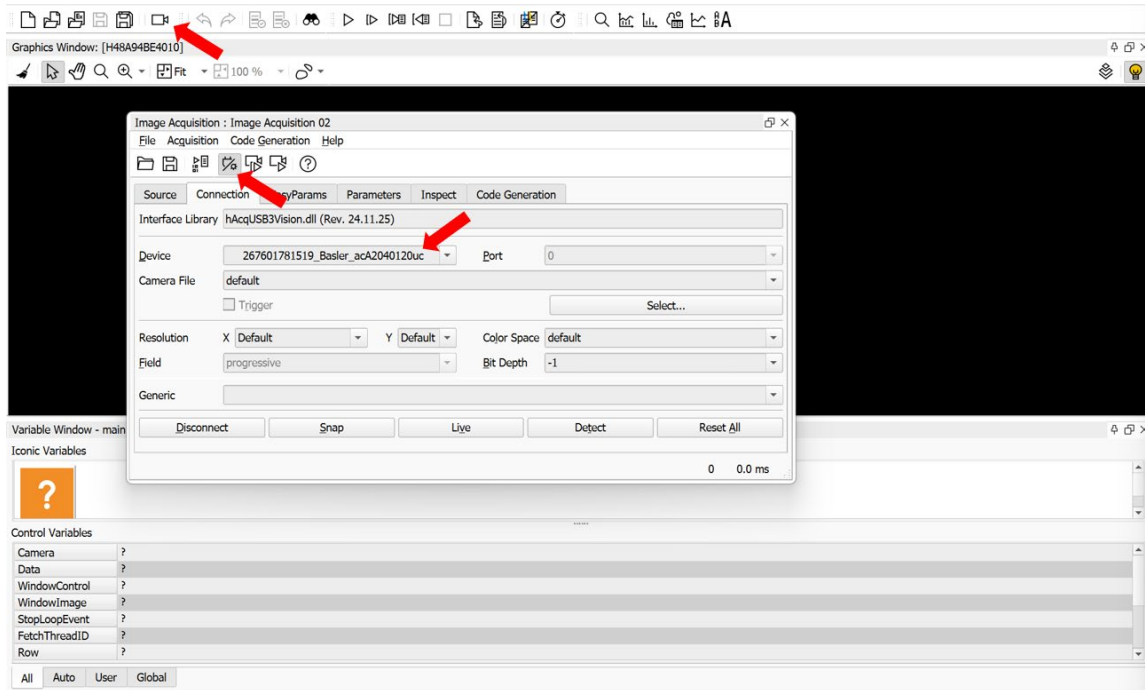


图4. 图像采集与摄像头检测

应使用 DeviceID 通过 `create_image_source` 和 `connect_image_source` 函数连接摄像头。完成此步骤后，根据光照条件选择摄像头的曝光时间和/或增益至关重要。例如，在下面的脚本中，选择了 15 毫秒的曝光时间。所有相机参数（如曝光时间、增益、白平衡等）以及用于控制液态镜头的相机参数，均可通过 `set_image_source_param` 命令进行调整。自动对焦所需的主要命令是 `set_image_source_param(Camera, 'FocusAuto', [], [], 'Once')`。

通过一个 `while` 循环创建包含自动对焦按钮的控制窗口，并使用 `get_image_source_param(Camera, 'LensOpticalPower', [], [], OpticalPower)` 命令读取聚焦度值，从而确定自动对焦后的最佳聚焦度。这有助于将最佳聚焦度作为控制参数“光学功率”呈现，如图 5(b) 所示。

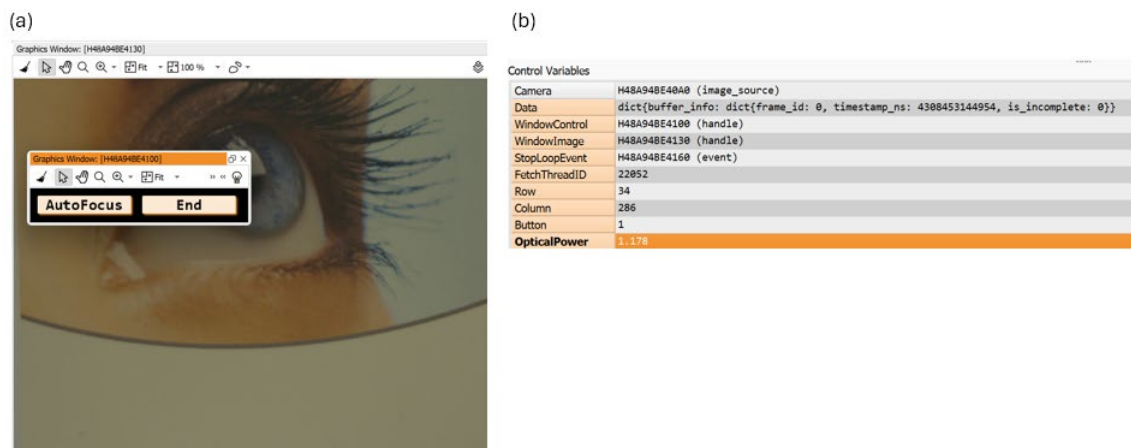


图5. (a) 图像表示与自动对焦。 (b) 控制变量


```
Program Window - main () - Main Thread: 6216
main (:::)
1
2 * Connect camera. TODO adapt DeviceID to your device
3 create_image_source ('mytec_usb3vision', '26760155F4AF_Basler_acA244075uc', [], [], Camera)
4 connect_image_source (Camera, [], [])
5
6 * Choose a suitable exposure time (and/or Gain) for your application
7 set_image_source_param (Camera, 'ExposureTime', [], [], 15000)
8
9 * Initialize on board lense control component
10 * Attention: Names of the lense control parameters are not fully standardized
11 * and may need to be adapted for different camera and lense vendors
12 set_image_source_param (Camera, 'LensConnection', [], [], 'Connect')
13 set_image_source_param (Camera, 'FocusInitialize', [], [], 'execute')
14
15 * Get initial image to prepare window
16 dev_update_off ()
17 snap_from_image_source (Image, Camera, Data)
18
19 dev_open_window (0, 0, 350, 55, 'black', WindowControl)
20 set_font (WindowControl, 'Consolas-Bold-25')
21 disp_text (WindowControl, 'AutoFocus', 'window', 12, 12, 'black', [], [])
22 disp_text (WindowControl, 'End', 'window', 12, 180, 'black', [], [])
23 dev_open_window_fit_image (Image, 120, 0, 800, -1, WindowImage)
24
25 * Create infrastructure to abort extra thread safely
26 create_event ([], [], StopLoopEvent)
27 start_image_source (Camera, [], [])
28
29 * Start grabbing and displaying in an extra thread
30 par_start<FetchThreadID> : fetch_images_in_loop (Camera, WindowImage, StopLoopEvent)
31
32 * Analyze the mouse position and clicks in the main thread
33 while (1)
34   try
35     get_mposition (WindowControl, Row, Column, Button)
36     if (Button==1)
37       if (Column<170)
38         * Trigger the on-board auto-focus feature of the camera
39         set_image_source_param (Camera, 'FocusAuto', [], [], 'Once')
40         * avoid acting multiple iterations on one click
41         wait_seconds (1.0)
42         * Read the focus value now in effect
43         get_image_source_param (Camera, 'LensOpticalPower', [], [], OpticalPower)
44       else
45         break
46       endif
47     endif
48   catch (Exception)
49   endtry
50 endwhile
```

图6. 通过相机接口实现焦距功率控制和自动对焦的Hdevelop脚本

2.2 通过相机接口控制焦距及使用Halcon进行自动对焦

在本节中，我们将讨论使用Optotune液态透镜与Halcon配合的第二种应用场景。这些示例均使用HDevelop XL 25.05 Progress版本。如第1.2节所述，方案2适用于能够与Optotune液态透镜集成（通过ECC-1C控制器或内置透镜控制器）以控制液态透镜焦力的相机。不过，自动对焦算法采用Halcon算法实现。

此场景的示例脚本可在此处找到，文件名为 AutoFocus_Camera_Manual.hdev

我们将深入探讨此脚本并讨论不同的命令。首先概述自动对焦（AF）算法。此处介绍的自动对焦（AF）示例算法采用两步流程，在用户定义的范围内确定最佳对焦值（即焦度值）。用户需指定焦度值的最小值和最大值，以及步长。在第一步（粗略扫描）中，算法会在指定范围内递增焦度值，并在每个点计算基于索贝尔滤波器的对比度指标。随后，通过将洛伦兹曲线拟合到所得的对比度值上，来估算对应最大对比度的焦度值。在第二步（精细扫描）中，算法围绕该估算焦度值进行高分辨率搜索，以精确定位产生最大对比度的确切值。

```

➔ 1 dev_update_off ()
2
3 * Connect camera. TODO adapt DeviceID to your device
4 * For this example to work, the camera must have direct control over the tuneable lense
5 create_image_source ('mvtec_usb3vision', '267601781519_Basler_acA2040120uc', [], [], Camera)
6 connect_image_source (Camera, [], [])
7
8 * Choose a suitable exposure time for your application
9 set_image_source_param (Camera, 'ExposureTime', [], [], 10000)
10 set_image_source_param (Camera, 'Gain', [], [], 6)
11
12 * Initialize on board lense control component
13 * Attention: Names of the lense control parameters are not fully standardized
14 * and may need to be adapted for different camera and lense vendors
15 set_image_source_param (Camera, 'LensConnection', [], [], 'Connect')
16 set_image_source_param (Camera, 'FocusInitialize', ['command_wait'], [1], 'execute')
17
18 * Specify details for the focus algorithm
19 create_dict (AutoFocusParams)
20 AutoFocusParams.NSamplePoints:=10
21 * Width and height for the region used to determine the sharpness of the image
22 AutoFocusParams.DomainW:=256
23 AutoFocusParams.DomainH:=256
24 * Use -1 for OffsetX and OffsetY to automatically create the domain in the center of the image
25 AutoFocusParams.DomainOffsetX:=1536
26 AutoFocusParams.DomainOffsetY:=-1
27 AutoFocusParams.FocusFeatureName:='LensOpticalPower'
28
29 * Determine min and max value of focal power, as well as width and height of image
30 get_image_source_param (Camera, AutoFocusParams.FocusFeatureName, ['property'], ['min'], FocusMin)
31 get_image_source_param (Camera, AutoFocusParams.FocusFeatureName, ['property'], ['max'], FocusMax)
32 get_image_source_param (Camera, 'Width', [], [], Width)
33 get_image_source_param (Camera, 'Height', [], [], Height)
34 AutoFocusParams.FocusMin:=-1
35 AutoFocusParams.FocusMax:=1.5
36 AutoFocusParams.ImageHeight:=Height
37 AutoFocusParams.ImageWidth:=Width
38
39 count_seconds (SecondsBegin)
40 * Set NSamplePoint focus values, and take a snapshot.
41 * Calculate best focus value so far.
42 * Set again NSamplePoint focus values between (best value so far - stepsize) and (best value so far + stepsize).
43 * Calculate best focus value, set it and return the value.
44 focus_camera_two_step (Camera, AutoFocusParams, BestFocusVal)
45 * Roughly calculate the time the focus algorithm took
46 count_seconds (SecondsEnd)
47 Diff:=SecondsEnd-SecondsBegin
48

```

图 7. 通过相机接口控制焦距功率以及使用 Halcon 进行自动对焦的 Hdevelop 脚本

自动对焦操作通过 `focus_camera_two_step` 函数实现。为了获得最佳效果，必须配置几个关键参数。首先，使用 `AutoFocusParams.FocusMin` 和 `AutoFocusParams.FocusMax` 定义自动对焦范围的最小值和最大值。接下来，通过调整 `AutoFocusParams.DomainW`、`AutoFocusParams.DomainH`、`AutoFocusParams.DomainOffsetX` 和 `AutoFocusParams.DomainOffsetY`，指定自动对焦感兴趣区域（ROI）的大小和位置。如果偏移量设置为 `-1`，系统将自动将 AF ROI 定位在图像中心，从而确保便捷的默认设置。

此外，请确保 `FocusFeatureName` 参数配置正确，因为该参数在不同相机型号间可能存在差异。根据 GeniCAM 标准（如第 1.1 节所述），预期参数名称为 `FocalPower`。然而，如上例所示，某些相机（例如 Basler 型号）使用其他名称，如 `LensOpticalPower`。验证您特定设备的此设置对于自动对焦功能的成功运行至关重要。

如图 8 所示，在 `focus_camera_two_step` 函数的后端，包含粗扫和细扫两个步骤。这两个步骤基本相似，唯一的区别在于它们的步长以及最小/最大范围不同。在每个步骤中，都会通过 `for` 循环计算基于索贝尔滤波器的对比度度量，以找到最佳对焦点。Halcon 提供了索贝尔滤波器。

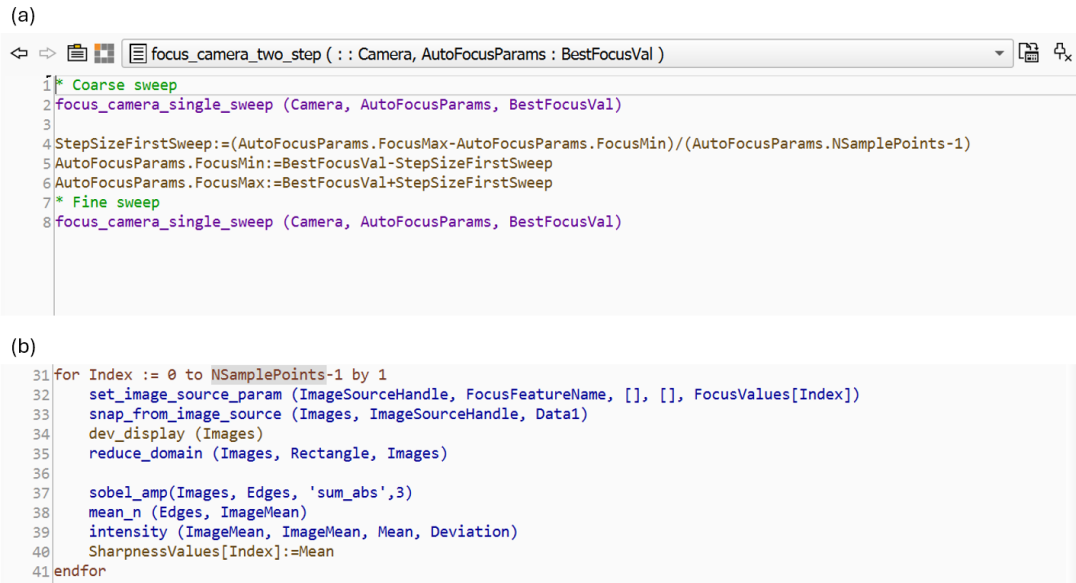


图 8. 基于索贝尔滤波器的两步自适应滤波算法

2.3 通过 ECC-1C 的串行通信控制透镜

在本节中，我们将讨论使用 Optotune 液态透镜与 Halcon 配合的第 3 种应用场景。这些示例均使用 HDevelop XL 25.05 Progress 版本。如第 1.2 节所述，第 3 种应用场景适用于任何相机，且液态透镜的控制是通过 ECC-1C 的串行通信实现的。自动对焦算法通过在 PC（主机）上运行的 Halcon 算法实现。ECC-1C 的串行通信参数详见其数据手册。

该场景的示例脚本位于此处的 AutoFocus_OptotuneECC_1C_Serial.hdev 中

该自动对焦算法与第2.2节中所述的算法完全一致，即通过粗调和微调扫描分两步寻找最佳焦距。本文通过一个 Python 示例展示了该算法在 Optotune ECC-1C 上的应用。此处与第2.2节所述的主要区别在于，液态透镜的焦距控制是通过与 ECC-1C 的串行通信实现的。关键在于必须在相应的命令 optotune_ecc_1c_init(‘COM4’, ECC_1C) 中正确选择 COM 端口。其他部分，如相机属性以及 AutoFocusParams，与第 2.1 节和第 2.2 节中讨论的内容完全一致。此外，若要将焦距设置为特定值，应使用 optotune_ecc_1c_set_focalp (ECC_1C, 0.75) 之类的命令。

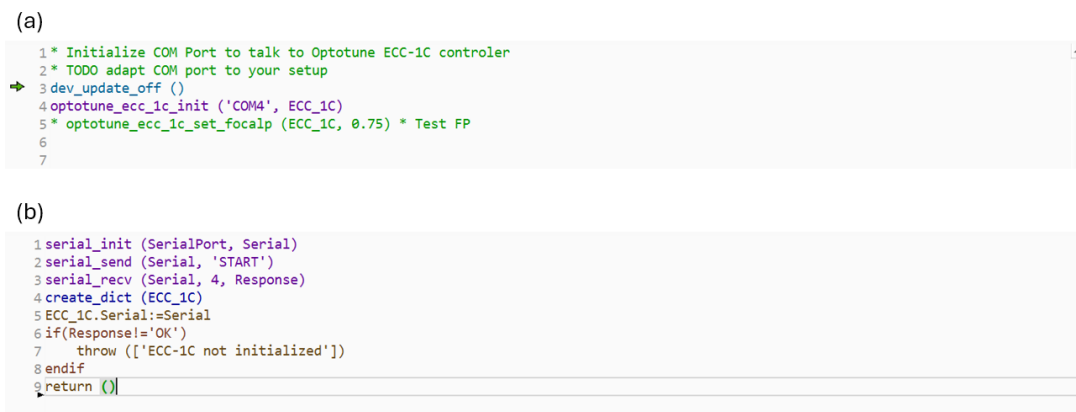


图 9. 与 ECC-1C 的串行连接

3 配备 MERLIC 的 Optotune 镜头

MERLIC 是 MVTec 推出的一款直观且功能全面的机器视觉软件，专为偏好图形化、无代码操作环境的用户设计。它使开发人员和操作员无需具备高级编程技能，即可构建强大的视觉应用。凭借其拖放式界面和集成工具，MERLIC 支持检测、测量和定位等核心机器视觉任务。当与 Optotune 液态镜头结合使用时，MERLIC 可通过符合 GenICam 标准的相机动态控制对焦，从而快速适应变化的物体距离，并提高质量检测、物流和自动化装配等应用的效率。

如场景 1 和 2 所述，在 MERLIC 中只能通过相机接口控制 Optotune 液态镜头。在此配置中，ECC-1C 必须连接至相机，且与液态透镜的所有通信均通过相机接口进行。MERLIC 提供对相机功能的访问权限，包括液态透镜参数。如果相机固件包含自动对焦（AF）算法，MERLIC 可以利用该算法；否则，仅支持手动调节焦距。

要在 MERLIC 中开始使用 Optotune 液态透镜，首先应在“运行时环境设置”中添加一个新的图像源，并在可用设备中选择带有液态透镜控制功能的相机，如图 10 所示。之后，应激活该配置。操作方法是点击“激活配置”以连接该设备并进行配置。

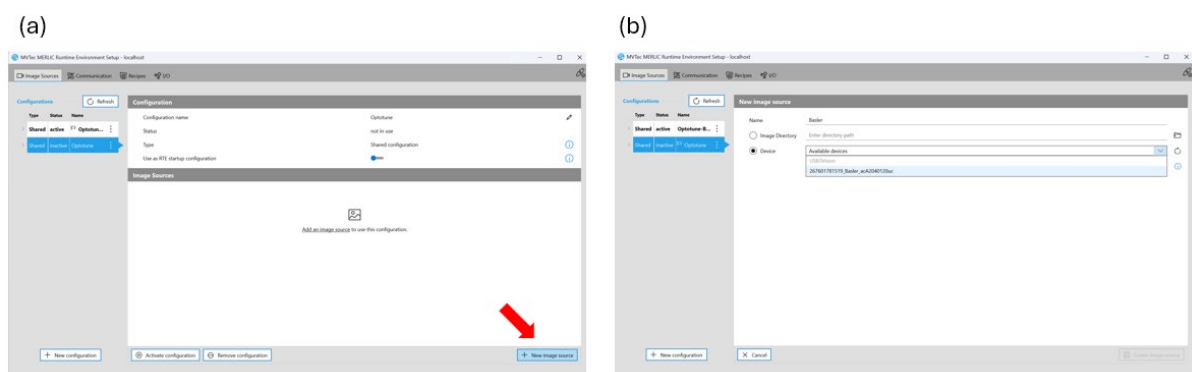
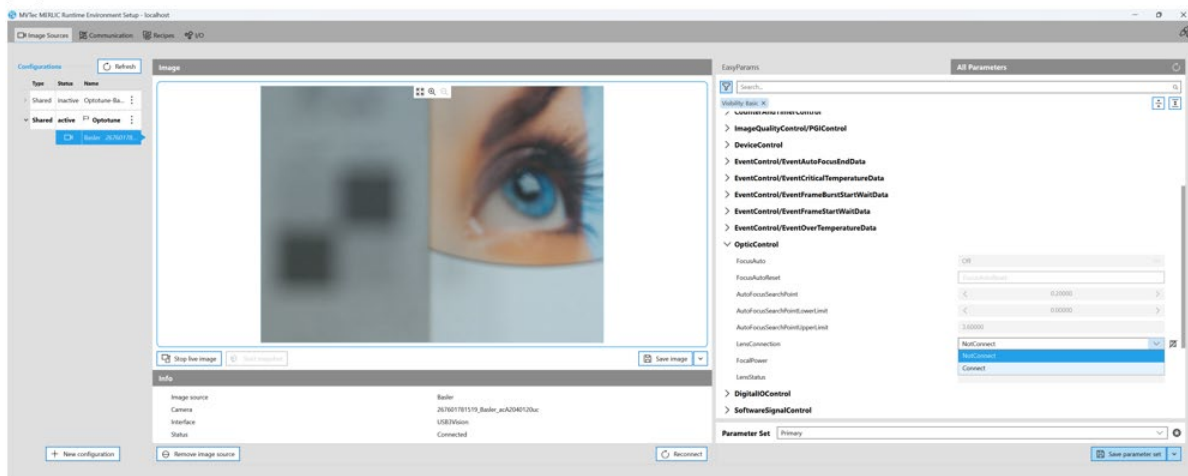


图10. MERLIC中的图像源选择

MERLIC 提供摄像头的实时预览功能，使用户能够在调整摄像头参数的同时实时查看图像。所有标准摄像头设置均可通过该界面访问，包括集成式液态镜头的设置。液态镜头的具体控制参数取决于摄像头制造商以及它们在 GenICam 功能树中的组织方式。在所示的 Basler 摄像头示例中，这些参数被归类在 OpticControl 部分下。要启用控制功能，必须先将 LensConnection 参数设置为 Connect。建立连接后，即可通过 FocalPower 滑块交互式地调整镜头的焦距，如图 11(a) 所示。可使用 FocusAuto 命令执行自动对焦，其相关参数位于 AutoFunctionControl 部分，如图11(b)所示。

Imagesource liveview 可添加到 MERLIC 的 ToolFlow 中，液态镜头功能（如摄像机的其他任何参数）均可按顺序进行调整。通过摄像机参数直接控制液态镜头的能力，为在 MERLIC 内开发广泛的机器视觉应用和工具开辟了道路。

(a)



(b)

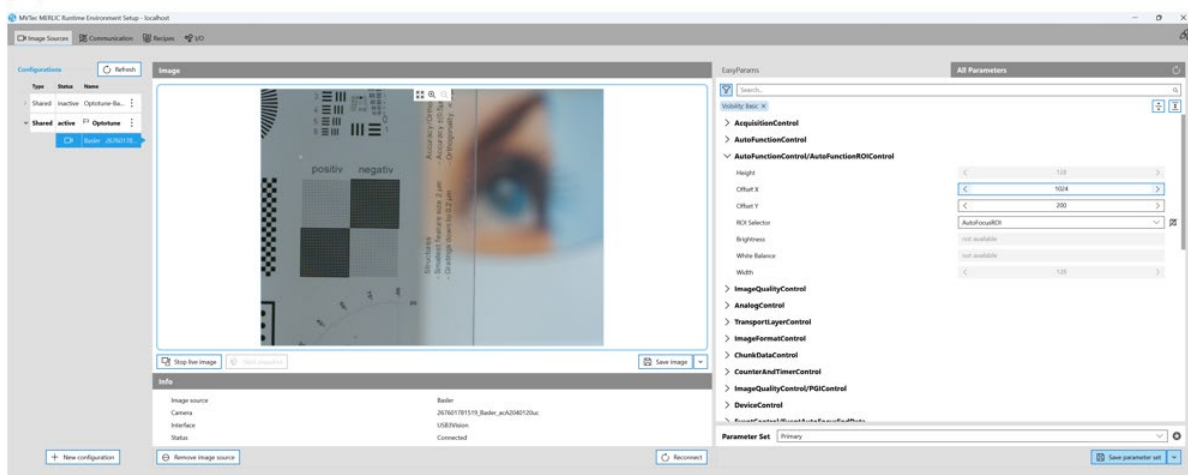


图11. 图像源特征中的相机参数与液态透镜控制

4 结论

将 Optotune 液态透镜与现代机器视觉系统相结合，为工业应用在灵活性、速度和精度方面带来了显著提升。通过实现电子对焦控制，这些透镜消除了对机械调整的需求，从而降低了系统复杂度并提高了吞吐量。当与 MVtec 的 HALCON 和 MERLIC 软件结合使用时，用户可以利用先进的图像处理算法和易于使用的工具，轻松实现自动对焦或景深适应。

本文讨论的三种接口方案——相机集成式自动对焦、通过相机接口基于 HALCON 的控制，以及与 ECC-1C 的直接串行通信——可满足广泛的应用需求。无论是追求内置相机固件解决方案带来的极致简便性，还是希望通过基于 PC 的处理实现全面控制和定制，Optotune 透镜都能提供适合各种机器视觉配置的可扩展解决方案。

最终，将可调光学元件、符合 GenICam 标准的相机以及 HALCON 和 MERLIC 等强大的软件平台相结合，将打造出高度适应性强、结构紧凑且可靠的系统。这种协同效应赋能了从机器人和物流到精密检测和质量控制的多种应用，确保机器视觉解决方案始终高效、面向未来，并随时准备满足现代自动化日益增长的需求。