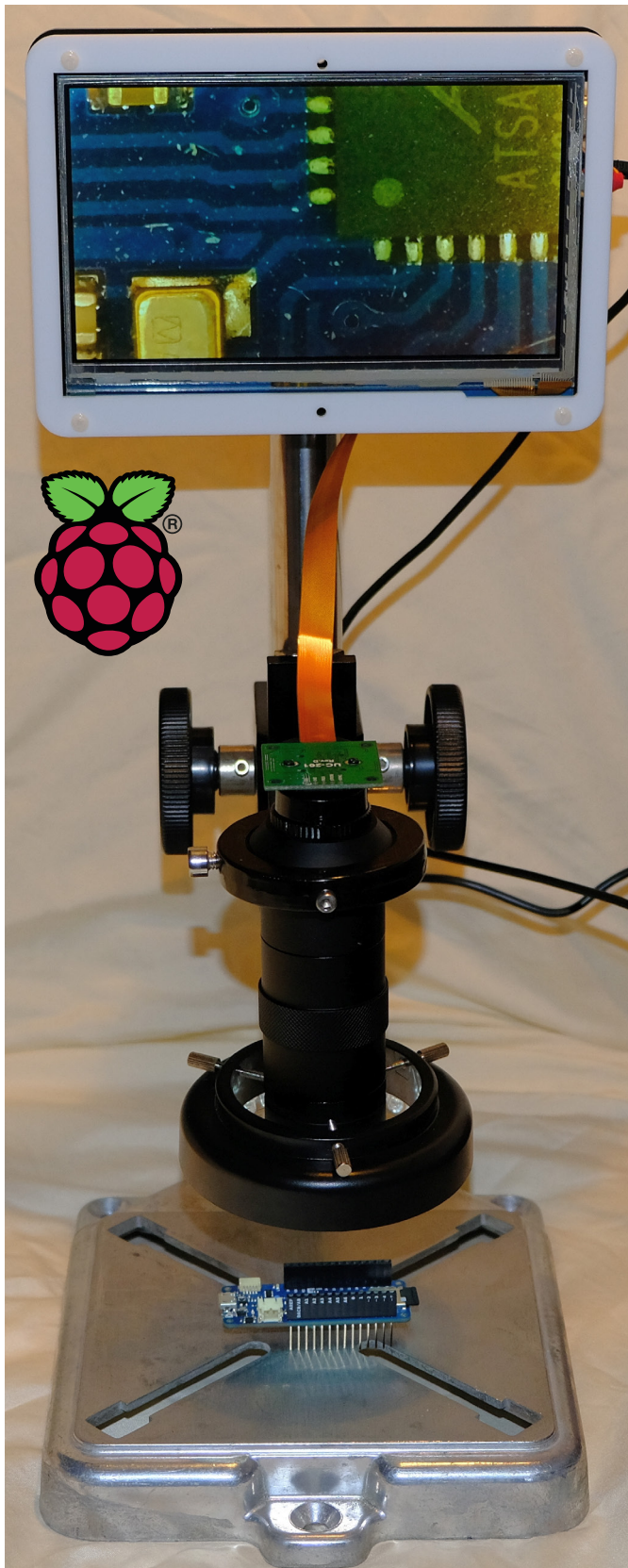


# Mikroskop warsztatowy na bazie Raspberry Zero



*Z biegiem lat liczba narzędzi w warsztacie zwiększa się, nie są to jednak narzędzia mechaniczne lub elektro-narzędzia... a różnego rodzaju przyrządy optyczne. Tradycyjne „gdzie to jest” zastępowane jest coraz częstszym „nie widzę tego”. Postęp w miniaturyzacji obwodów układów scalonych, a także elementów biernych nie ułatwia codziennej pracy elektronika. Z tego powodu warto zastanowić się nad zbudowaniem mikroskopu, tym bardziej że profesjonalne rozwiązania typu Mantis, Magnus, Inspex leżą poza możliwościami wielu pracowni elektronicznych.*

Po przeszukaniu zasobów internetowych i zaznajomieniu się z kilkoma konstrukcjami, okazuje się, że budowa własnego mikroskopu jest w zasadzie całkiem prosta. Oczywiście nie ma mowy o szlifowaniu soczewek, toczeniu tubusów, czernieniu aluminium obiektywu i wielu innych żmudnych oraz wymagających precyzyjnego warsztatu mechanicznego czynnościach. Takie prace mogą zniechęcić nawet wytrwałych elektroników, często mających problemy z wykonaniem zwykłej prostopadłociennej obudowy...

## Obiektyw

Mikroskop wymaga odpowiedniego obiektywu. To jego najważniejszy element i odpowiada za jakość obrazu oraz możliwe powiększenie. Najważniejszy element jest też oczywiście największym problemem. W przypadku mikroskopów przeznaczonych do obserwacji preparatów biologicznych w zasadzie nie ma większego znaczenia odległość pomiędzy przednią soczewką obiektywu a preparatem. Najczęściej wystarczy kilka milimetrów, aby pomieścić szkiełka podstawowe i nakrywkowe oraz preparat, przy którym podczas obserwacji zasadniczo nie manewruje się już żadnymi narzędziami. Kilka milimetrów odstepu w zupełności wystarcza. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku podświetlenia preparatu, ze względu na jego grubość wystarcza podświetlenie dolne lub boczne w postaci lusterka skupiającego światło dzienne, zamontowanego pod preparatem. Mikroskop dla elektronika ma nieco inny charakter pracy, w większości przypadków pomiędzy soczewką a płytką drukowaną musi zmieścić się pęseta, lutownica lub szczytce SMD, dla wygodnej pracy odległość powinna wynosić kilka centymetrów, nawet kosztem powiększenia. Podświetlenie ma także inne wymagania, płytki drukowane i elementy są nieprzezroczyste, podświetlenie dolne odpada, trzeba zastosować równomierne białe oświetlenie nad obiektem, takie, aby nie powodowało odbić i spadku kontrastu oglądanych elementów. W obu przypadkach nie ma wyboru, trzeba posiłkować się elementami fabrycznymi.

## Co dalej?

Dla elektronika mającego już tor optyczny jest to dopiero początek pracy. Konieczne jest dobranie kamery i układu wyświetlającego obraz. Do obróbki sygnału z kamery najłatwiej zastosować Raspberry Pi, wystarczy w wersji Zero. W urządzeniu modelowym jest to Pi Zero V1 (bez Wi-Fi), można je dzisiaj kupić za ok. 30 PLN.

Dobieranie kamery warto rozpocząć od wybrania standardu mocowania obiektywu. Wiele konstrukcji mikroskopów stosuje przerabiane obiektywy z mocowaniem M12, ja preferuję tutaj standard



Fotografia 1. Modelowy obiektyw

przemysłowy C/CS-Mount. Jest do niego dostępny szeroki wybór obiektywów i akcesoriów, np. pierścieni pośrednich. Mocowanie C/CS, w przypadku dalszych eksperymentów, może ułatwić stosowanie konwerterów mechanicznych do tanich starszych obiektywów lustrzankowych z mocowaniem M42. Wymagania spełnia ArduCam OV5647 5 Mpx, chociaż dostarczony obiektyw raczej nie pomoże w budowie mikroskopu (niestety trudno ją nabyć bez obiektywu).

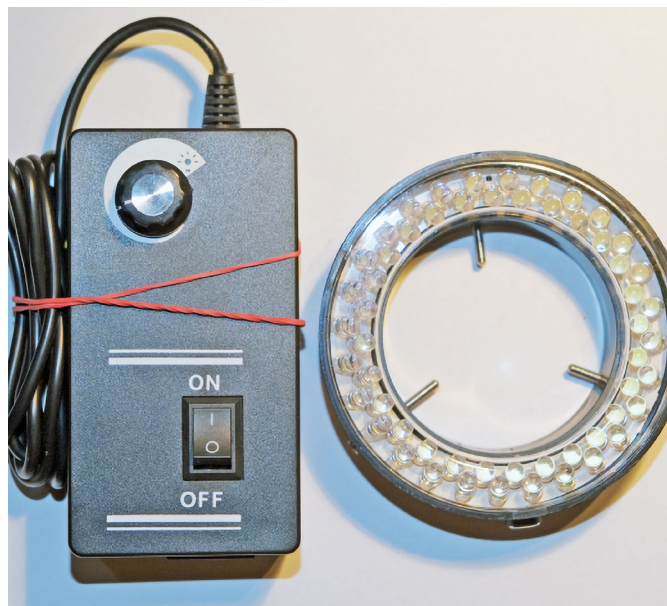
Obiektywu należy poszukać na aukcjach zagranicznych, jest tam sporo obiektywów do systemów wizyjnych. Szukając hasła: obiektyw do mikroskopu, trafiłem na coś o opisie „8X-100X Zoom C-mount Lens Adapter For Industry Microscope”. W zależności od dostawcy obiektyw kosztuje od 130...200 PLN z wysyłką i doskonale nadaje się do budowy mikroskopu dla elektronika. Wygląd obiektywu zastosowanego w modelu pokazano na **fotografii 1**. Powiększenie jest odpowiednie, a odległość do przedmiotu to wymagane kilka centymetrów. Szczepnie mówiąc – jest sporo obiektywów o lepszych powiększeniach, ale ten sprawdził się wystarczająco dobrze.

### Pozostałe komponenty

Jeżeli chcemy poeksperymentować z optyką i powiększeniem, warto zaopatrzyć się w pierścienie pośrednie makro (**fotografia 2**), takie



Fotografia 2. Przykładowe pierścienie pośrednie C/CS-Mount



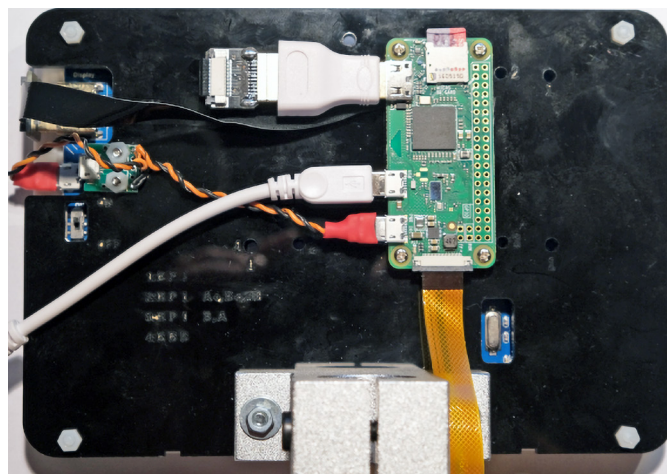
Fotografia 3. Pierścieniowa lampa podświetlająca

jak np. 25 mm C-CS Mount Lens Adapter Conversion Ring Extension Tube. „Pierścienie” to zwykły kawałek czernionej rurki aluminiowej z gwintem WZ, zwiększający skalę powiększenia poprzez odsunięcie obiektywu od przetwornika obrazu. Dla modelowego obiektywu warto sprawdzić długości 5...25 mm. Dłuższe pierścienie zmniejszają odległość do przedmiotu i głębię ostrości (odległość, w której obiektyw są ostre w odniesieniu do punktu ustawienia ostrości), zmniejszają jasność obrazu i stwarzają problemy z podświetleniem płytki, więc raczej ich nie polecam.

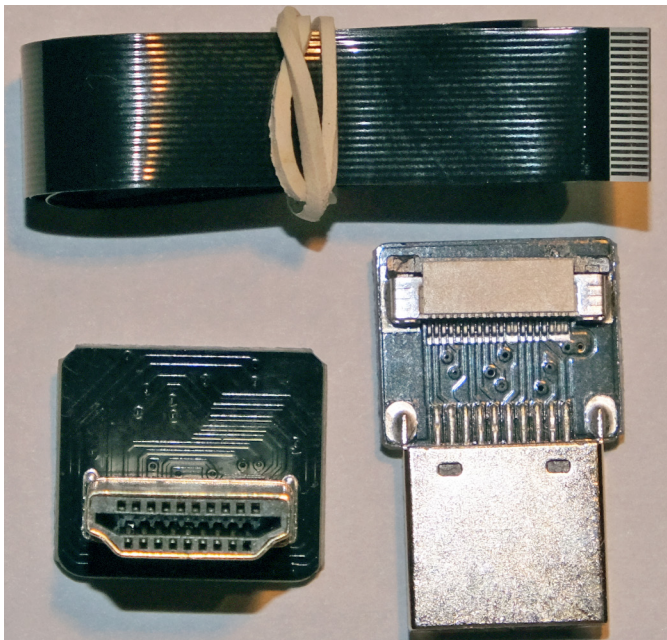
Pozostaje sprawa podświetlenia płytki, tutaj także wybór padł na gotowe rozwiązanie wykorzystywane w fotografii makro, tj. pierścieniową lampę podświetlającą. Modelowa lampa to 60LED Adjustable Ring Light Illuminator Lamp. Lampa ma w komplecie zasilacz sieciowy z regulowaną jasnością podświetlenia oraz uniwersalne śrubowe mocowanie do średnicy 58 mm, co wystarcza, aby bez dodatkowych elementów mechanicznych zamocować ją na obiektywie (**fotografia 3**). Lampę należy zamocować przy przedniej soczewce na nieruchomym fragmencie obiektywu, tak aby nie obracała się podczas ostrzenia.

Dla Raspberry Pi Zero konieczna jest jeszcze taśma elastyczna umożliwiająca podłączenie kamery Raspberry Pi do Raspberry Pi Zero, w modelu zastosowano taśmę o długości 30 cm (HBV-RPI-300FPC).

Mikroskop został zaprojektowany jako urządzenie samodzielne, więc musi mieć ekran, w modelu zastosowano wysokiej jakości wyświetlacz Waveshare 7" HDMI o rozdzielczości 1024×600 px dający



Fotografia 4. Elementy zamontowane na płycie wyświetlacza



Fotografia 5. Elastyczna taśma HDMI z przejściówkami

wysoki komfort użytkowania. Bez najmniejszych problemów można zastosować inną matrycę LCD (np. z uszkodzonego tabletu lub laptopa) wraz z kompatybilną płytką interfejsu, dostępną na aukcjach internetowych (konwerter HDMI/VGA/AV na RGB LVDS) lub wręcz monitor HDMI, o ile mamy wystarczającą ilość miejsca. Modelowy wyświetlacz ma w komplecie ramkę i płytę montażową, w której konieczne jest wywiercenie kilku otworów mocujących (fotografia 4) dla Pi Zero, płytki gniazda micro USB i mocowania do statywu. Przy obróbce tworzywa należy zachować ostrożność, gdyż jest bardzo kruche (podpórki stołowe ekranu rozpadły się podczas próby montażu wsporników, na całe szczęście nie były potrzebne). Warto, by producent zadbał o odpowiednie wykończenie i spasowanie powierzchni elementów mechanicznych w, przecież nie tanim, wyświetlaczu (bez pilnika mojego egzemplarza nie dało się poskładać).

Do podłączenia interfejsu HDMI wykorzystano dostępne na aukcjach przejściówki HDMI na taśmę elastyczną (20CM FPCV HDMI Type A Male to Down 90 Degree Angled HDMI Male HDTV FPC Flat Cable), gdyż dostępne kable HDMI, oprócz sztywności, są zbyt długie, co utrudnia ich montaż. Niestety nie znalazłem gotowej przejściówki kątownej HDMI/mini HDMI, więc wspomagam się przejściówką z Raspberry Zero i taśmą elastyczną (fotografia 5). Swoją drogą producent mógłby lepiej przemysleć lokalizację lub typ gniazda HDMI/USB, gdyż wystające z boku poza obrys ramki ciężkie wtyki z kablami uroku wyświetlaczowi nie dodają..

Wyświetlacz ma wbudowany ekran dotykowy, jednak po kilku dniach użytkowania klawiatury ekranowej okazało się, że eleganckie technicznie rozwiązanie jest kompletnie niepraktyczne podczas

obsługi, np. wpisywania nazw plików rejestrowanych zrzutów ekranu czy przeglądania dokumentacji układów, w związku z czym zostało zastąpione małą klawiaturą z centrum multimedialnego (Droider-RF).

Wszystkie elementy mikroskopu zamontowane są na statywie, można zastosować dostępny na aukcjach lub poskładać z typowych elementów mechanicznych, w modelu użyto statywu do głowicy podgrzewacza IR BGA (obsługuje na warsztacie także mikrowiertarkę i mikroskop, za pomocą kilku pierścieni pośrednich do mocowania narzędzi). Fotografia tytułowa prezentuje zmontowany mikroskop. Zasilany jest z typowego zasilacza 5 V/3 A. Zasilanie do wyświetlacza i Pi rozdzielone jest kabelkiem z dwoma wtykami micro USB do lutowanymi do płytki pośredniej z gniazdem zasilania micro USB.

### Uruchomienie

Po montażu mechanicznym i elektrycznym, najwyższy czas na przygotowanie systemu dla Pi Zero. W tym celu pobieramy aktualną wersję Raspbiana (i instalujemy ją na karcie SD). W przypadku zastosowania wyświetlacza Waveshare konieczna jest modyfikacja pliku *config.txt* (na karcie SD) i edycja linii odpowiadających za konfigurację ekranu:

```
max_usb_current=1
hdmi_group=2
hdmi_mode=87
hdmi_cvt 1024 600 60 6 0 0 0
hdmi_drive=1
```

Po zapisaniu konfiguracji ekranu kartę przekładamy do Raspberry Pi, podłączamy klawiaturę i zasilanie mikroskopu. Po uruchomieniu systemu musimy załączyć obsługę kamery poleceniem *raspi-config* i zrestartować Pi. Do obsługi kamery, tj. do wyświetlania obrazu, wykonywania zrzutów ekranu używam aplikacji *raspistill* z odpowiednimi parametrami. Do poglądu obrazu w czasie rzeczywistym:

```
raspistill -p 0.0.1024,600 -k -hf, -vf -q 100
```

Najważniejsze parametry *raspistill*:

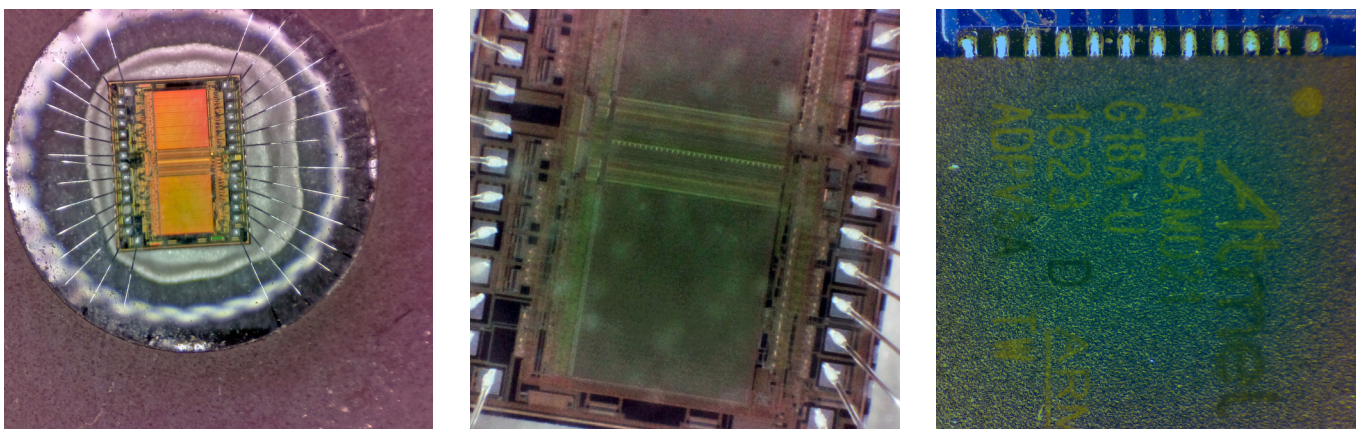
- p 0,0.1024,600 – określają fragment ekranu do którego skalowany jest obraz kamery (cały ekran Waveshare),
- k – umożliwiają zakończenie działania programu sekwencją CTRL+C,
- hf – odbijają obraz w osi poziomej (zależnie od montażu kamery),
- vf – odbijają obraz w osi pionowej (zależnie od montażu kamery),
- q 100 – określa jakość obrazu jpg (100 – bez kompresji).

Aby wykonać zapis obrazu do pliku w celu dalszej analizy, wykonujemy polecenie:

```
raspistill -v -o nazwapliku.jpg
```

Jak widać, obsługa jest sprawna i prosta, zapisane pliki można poddać dalszej edycji lub zarchiwizować. Przy obsłudze klawiaturą w łatwy sposób można nawigować po systemie, co w modelu umożliwia przechowywanie dokumentacji montowanych układów, którą na bieżąco można podejrzeć na ekranie mikroskopu. Przykładowe obrazy uzyskane z mikroskopu pokazuje fotografia 6.

Adam Tatuś, EP



Fotografia 6. Przykładowe obrazy uzyskane z mikroskopu