

Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero

Zaprezentowana płytko rozszerza funkcjonalność komputerka Raspberry Pi Zero (i nie tylko) o możliwość sterowania graficznym wyświetlaczem TFT mającym typowe złącze FFC 40 pin. Umożliwia zastosowanie wyświetlaczy o przekątnych m.in. 3,9" czy 5,6" w tym popularnych w ostatnim czasie wyświetlaczy typu bar o rozdzielczości 480×128.

Płytko jest elektrycznie zgodna z każdą wersją Raspberry Pi, ale mechanicznie dopasowana jest do Pi Zero. Efektem połączenia płytek jest zwarty zestaw o niewielkich rozmiarach. Współpracując z wyświetlaczem o przekątnej 3,9" np. Winstar z serii WF39xx, umożliwia, przy odrobinie inwencji, montaż

w urządzeniach rack 1U. Jeżeli wyświetlacz jest wyposażony też w panel dotykowy, upraszcza się obsługę i podnosi ogólna atrakcyjność urządzenia końcowego.

Moduł współpracuje z wyświetlaczami o standardowym 40-pinowym złączu w postaci taśmy lub płytki elastycznej.

Przyporządkowanie sygnałów złącza wyświetlacza opisano w **tabeli 1**. W porównaniu z wyświetlaczami o przekątnych 7" i więcej (złącze RGB 50 pin), zdecydowana większość dostępnych modeli ma wbudowaną przetwornicę napięć polaryzacji Vcom, Vgh, Vgl upraszczającą konstrukcję modułu. W praktyce, gdy pozyskamy wyświetlacz z uszkodzonej nawigacji lub podobnego urządzenia – moduł nie nadwyreży naszego budżetu.

Budowa i działanie

Schemat elektryczny modułu został pokazany na **rysunku 1**. Układ jest banalnie

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT5847

Podstawowe parametry:

- umożliwia dołączenie wyświetlacza TFT wyposażonego w typowe złącze FFC 40 pin,
- korzysta ze złącza GPIO charakterystycznego dla płytek RPi,
- zawiera przetwornicę ze stabilizacją prądu do zasilania podświetlenia ekranu.

Wykaz elementów:

- R1: 10 kΩ SMD 0603 1%
- R2: 10 Ω SMD 0603 1%
- C1: 0,1 μF SMD 0603
- C2, C4: 4,7 μF SMD 0603
- C3: 1 μF SMD 0603
- C5: 0,22 μF/50 V SMD 0805
- U1: AP3036BKTR (SOT-26)
- L1: diławk mocy WE-MAPI4020
- GPIO: złącze żeńskie 2x20 pin 2,54 mm
- LCD: złącze FPC40 0,5 mm, styki dolne
- TP: złącze PHSM4TB (opcjonalnie)

***Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.**

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] - jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

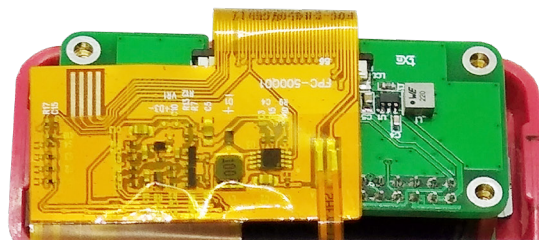
- wersja [C] - zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
 - wersja [A] - płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] - płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] - zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

prosty, składa się praktycznie tylko ze złącza LCD typu FFC40 z odpowiednio doprowadzonymi sygnałami interfejsu GPIO. Zastosowana została w tym celu konfiguracja Alt2 przeznaczona do obsługi wyświetlacza LCD RGB w trybie równoległym DPI.

Tabela 1. Przyporządkowanie sygnałów 40-pinowego złącza wyświetlacza

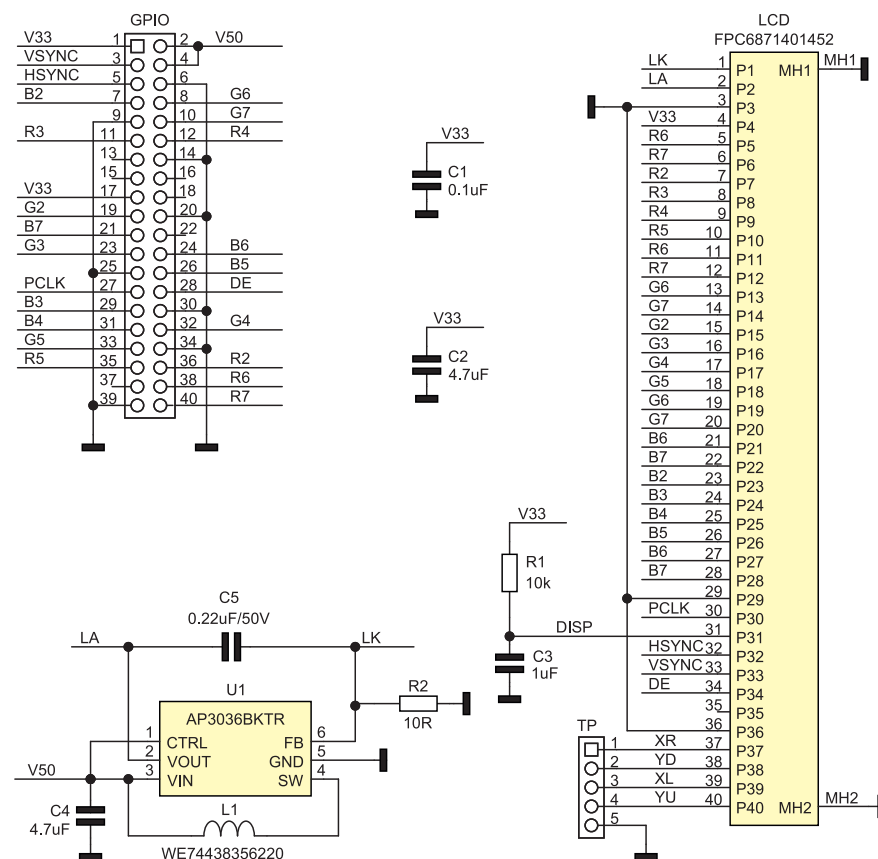
Nr	Oznaczenie	Opis
1	LED C	LED Power C
2	LED A	LED Power A
3	GND	LCD Power GND
4	VCC	LCD Power VCC 3,3 V
5..12	R0...R7	Red (R0 LSB)
13..20	G0...G7	Green (G0 LSB)
21..28	B0...B7	Blue (B0 LSB)
29	GND	LCD Power GND
30	PCLK	Pixel Clock
31	DISP	Display On/Off (Res)
32	HSYNC	Horizontal Sync
33	VSYNC	Vertical Sync
34	DE	Data Enable
35	NC	NC
36	GND	LCD Power GND
37	NC	Rtouch Option (Xr)
38	NC	Rtouch Option (Yd)
39	NC	Rtouch Option (Xl)
40	NC	Rtouch Option (Yu)



Jedynym elementem aktywnym jest przetwornica U1, dostarczająca zasilania dla podświetlenia ekranu. Układ AP3036, oprócz podnoszenia napięcia niezbędnego do zasilania szeregu diod LED podświetlających ekran, stabilizuje ich prąd pracy. Wartość prądu określa rezystor R2, napięcie na wyprowadzeniu FB dla określonego prądu LED

powinno wynosić ok. 200 mV, co w modelu odpowiada 20 mA.

Złącze TP umożliwia wyprowadzenie opcjonalnych sygnałów rezystancyjnego panelu dotykowego w przypadku, gdy jest on zintegrowany z wyświetlaczem. Jako zewnętrzny kontroler dotyku może być zastosowany np. układ AR1100.



Rysunek 1. Schemat elektryczny modułu

Tabela 2. Przyporządkowanie sygnałów złącza GPIO do interfejsu DPI

GPIO	Alt2
GPIO0	PCLK
GPIO1	DE
GPIO2	VSYNC
GPIO3	HSYNC
GPIO4...11	DPI_D0...7
GPIO12...19	DPI_D8...15
GPIO20...27	DPI_D16...23

Pomimo prostego interfejsu, obsługa LCD w trybie równoległym DPI, w przypadku Raspberry Pi, generuje jeden bardzo poważny problem – zajmuje praktycznie wszystkie linie złącza GPIO i wymusza podłączenie współpracujących urządzeń przez porty USB. Od tych ograniczeń wolne są aplikacje Compute Module ze znacznie większą liczbą dostępnych wyprowadzeń i elastycznością konfiguracji GPIO.

Przyporządkowanie funkcji wyprowadzeń GPIO w trybie DPI zestawiono w tabeli 2. Oprócz sygnału zegarowego PCLK, sterującego DE, synchronizacji VSYNC, HSYNC tryb DPI używa wyprowadzeń DPI_D0...D23 do sterowania poziomem kolorów składowych RGB. Kodowanie kolorów, w zależności od wybranego trybu, jest zgodne ze standardem RGB565, RGB666, RGB888 i może zajmować różne wyprowadzenia GPIO. Dostępnych jest 7 trybów kodowania, co zestawiono w tabeli 3. Moduł pracuje w trybie 5. z kodowaniem RGB666, z którym zgodna jest większość wyświetlaczy.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na rysunku 2. Montaż nie jest skomplikowany i nie wymaga opisu, gotowy moduł został pokazany na fotografii 1.

W zależności od posiadanego wyświetlacza należy ustawić prąd podświetlenia poprzez dobranie rezystora R2. Złącze TP jest opcjonalne i montujemy je tylko w przypadku podłączenia kontrolera rezystancyjnego panelu dotykowego zintegrowanego z wyświetlaczem.

Przed włączeniem wyświetlacza należy zapoznać się z jego kartą katalogową, sprawdzić zgodność sygnałów ze złączem FPC oraz ustalić zależności czasowe niezbędne do prawidłowej konfiguracji. Przed użyciem interfejsu DPI należy wyłączyć obsługę I²C i SPI, wprowadzając następujące modyfikacje w pliku /boot/config.txt:

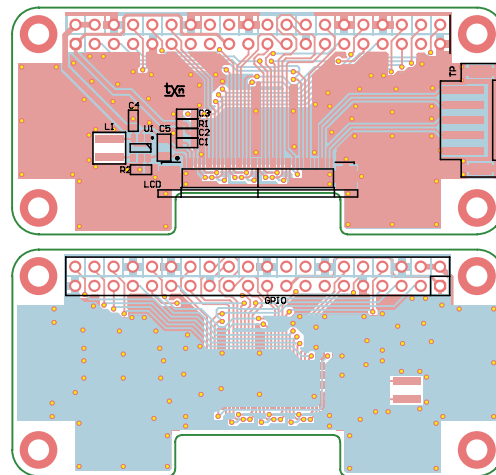
```
dtparam=i2c_arm=off
dtparam=spi=off
```

Do współpracy z LCD RGB przeznaczone są w systemie operacyjnym konfiguracje dtoverlay=dpi18 lub dtoverlay=dpi24. Niestety, ze względu na brak kanału informującego o parametrach wyświetlacza i dostępnych trybach pracy, jak ma to miejsce w przypadku HDMI, w każdym przypadku konieczna jest indywidualna i szczegółowa parametryzacja interfejsu DPI oraz dostosowanie częstotliwości zegara, kodowania koloru, synchronizacji i rozdzielczości przez użytkownika. Przed konfiguracją wyświetlacza należy poinformować system o niestandardowym trybie pracy „custom mode DPI” poprzez wpis:

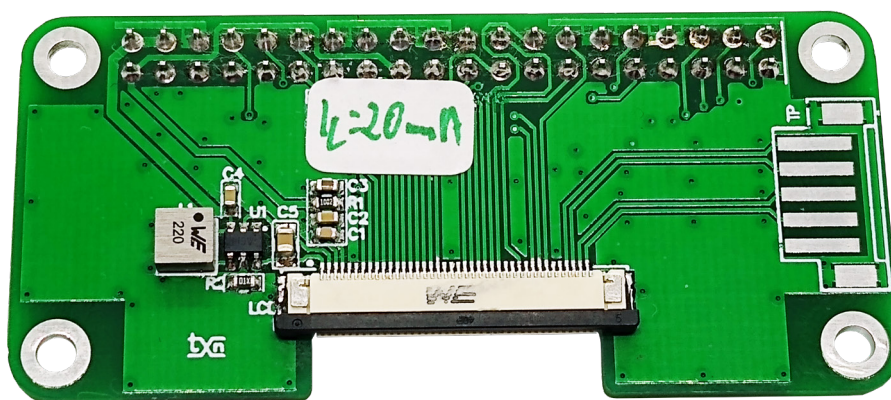
```
dpi_group=2
dpi_mode=87
oraz o współpracy z wyświetlaczem DPI:
enable_dpi_lcd=1
display_default_lcd=1
```

Format wyjściowy DPI ustalany jest parametrem dpi_output_format w postaci liczby szesnastkowej o następującym znaczeniu bitów:

```
output_format = (dpi_
output_format >> 0) & 0xf;
rgb_order = (dpi_
output_format >> 4) & 0xf;
output_enable_mode = (dpi_
output_format >> 8) & 0x1;
invert_pixel_clock = (dpi_
output_format >> 9) & 0x1;
hsync_disable = (dpi_
output_format >> 12) & 0x1;
vsync_disable = (dpi_
output_format >> 13) & 0x1;
output_enable_disable = (dpi_
output_format >> 14) & 0x1;
hsync_polarity = (dpi_
output_format >> 16) & 0x1;
vsync_polarity = (dpi_
output_format >> 17) & 0x1;
```



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Fotografia 1. Zmontowana płytka

Tabela 3. Różne tryby przyporządkowania kodowania kolorów do GPIO

Tryb	Kodowanie	GPIO																							
		27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	RGB565	-	-	-	-	-	-	-	R7	R6	R5	R4	R3	G7	G6	G5	G4	G3	G2	B7	B6	B5	B4	B3	-
3	RGB565	-	-	-	R7	R6	R5	R4	R3	-	-	G7	G6	G5	G4	G3	G2	-	-	-	B7	B6	B5	B4	B3
4	RGB565	-	-	R7	R6	R5	R4	R3	-	-	-	G7	G6	G5	G4	G3	G2	-	-	B7	B6	B5	B4	B3	-
5	RGB666	-	-	-	-	-	-	R7	R6	R5	R4	R3	R2	G7	G6	G5	G4	G3	G2	B7	B6	B5	B4	B3	B2
6	RGB666	-	-	R7	R6	R5	R4	R3	R2	-	-	G7	G6	G5	G4	G3	G2	-	-	B7	B6	B5	B4	B3	B2
7	RGB888	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0	G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1	G0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0

```

output_enable_polarity = (dpi_
output_format >> 18) & 0x1;
hsync_phase            = (dpi_
output_format >> 20) & 0x1;
vsync_phase           = (dpi_
output_format >> 21) & 0x1;
output_enable_phase   = (dpi_
output_format >> 22) & 0x1;

output_format:
  1: DPI_OUTPUT_FORMAT_9BIT_666
  2:
DPI_OUTPUT_FORMAT_16BIT_565_CFG1
  3:
DPI_OUTPUT_FORMAT_16BIT_565_CFG2
  4:
DPI_OUTPUT_FORMAT_16BIT_565_CFG3
  5:
DPI_OUTPUT_FORMAT_18BIT_666_CFG1
  6:
DPI_OUTPUT_FORMAT_18BIT_666_CFG2
  7: DPI_OUTPUT_FORMAT_24BIT_888

rgb_order:
  1: DPI_RGB_ORDER_RGB
  2: DPI_RGB_ORDER_BGR
  3: DPI_RGB_ORDER_GRB
  4: DPI_RGB_ORDER_BRG

output_enable_mode:
  0:
DPI_OUTPUT_ENABLE_MODE_DATA_VALID
  1: DPI_OUTPUT_ENABLE_MODE_
COMBINED_SYNCNS
invert_pixel_clock:
  0: RGB Data changes on rising
edge and is stable at falling
edge
  1: RGB Data changes
on falling edge and is stable at
rising edge.

hsync/vsync/
output_enable_polarity:
  0: default for HDMI mode
  1: inverted

hsync/vsync/oe phases:
  0: DPI_PHASE_POSEDGE
  1: DPI_PHASE_NEGEDGE

```

Parametry czasowe i rozdzielczość wyświetlacza ustalane są poleceniem `dpi_timings`:

```

dpi_timings=<h_active_pixels>
<h_sync_polarity> <h_front_
porch> <h_sync_pulse> <h_
back_porch> <v_active_lines>
<v_sync_polarity> <v_front_porch>
<v_sync_pulse> <v_back_porch>
<v_sync_offset_a> <v_sync_
offset_b> <pixel_rep> <frame_
rate> <interlaced> <pixel_freq>
<aspect_ratio>

<h_active_pixels> = horizontal
pixels (width)
<h_sync_polarity> = invert hsync
polarity
<h_front_porch> = horizontal
forward padding from DE active
edge
<h_sync_pulse> = hsync pulse
width in pixel clocks
<h_back_porch> = vertical back
padding from DE active edge
<v_active_lines> = vertical
pixels height (lines)
<v_sync_polarity> = invert vsync
polarity
<v_front_porch> = vertical
forward padding from DE active
edge
<v_sync_pulse> = vsync pulse
width in pixel clocks
<v_back_porch> = vertical back
padding from DE active edge
<v_sync_offset_a> = leave at zero
<v_sync_offset_b> = leave at zero
<pixel_rep> = leave at zero
<frame_rate> = screen
refresh rate in Hz
<interlaced> = leave at zero
<pixel_freq> = clock
frequency (width*height*framerate)
<aspect_ratio> = *

```

gdzie `aspect_ratio` może przyjmować następujące wartości:

```

HDMI_ASPECT_4_3 = 1
HDMI_ASPECT_14_9 = 2
HDMI_ASPECT_16_9 = 3
HDMI_ASPECT_5_4 = 41
HDMI_ASPECT_16_10 = 5
HDMI_ASPECT_15_9 = 6
HDMI_ASPECT_21_9 = 7
HDMI_ASPECT_64_27 = 8

```

Jeżeli z przyczyn mechanicznych wyświetlacz wygodniej zamontować w pozycji pionowej lub odwróconej, parametrem `display_rotate=x` ustalamy wymaganą orientację, gdzie `x=0...3`, a odpowiadająca orientacja wyświetlacza to 0, 90, 180, 270°.

Przykładowa konfiguracja ustalona dla wyświetlacza SH0050GB30 o przekątnej 5" i rozdzielczości 800×480 zdemontowanego z uszkodzonej nawigacji:

```

dtoverlay=dpi24
display_rotate=2
overscan_left=0
overscan_right=0
overscan_top=0
overscan_bottom=0
framebuffer_width=800
framebuffer_height=480
enable_dpi_lcd=1
display_default_lcd=1
dpi_group=2
dpi_mode=87
dpi_output_format=0x6f015
dpi_timings=800 0 40 48 88 480 0
13 3 32 0 0 0 60 0 32000000 6

```

Czasami do ustalenia prawidłowych parametrów, szczególnie w przypadku braku wyświetlania lub zakłóceń w obrazie, konieczny jest oscyloskop lub analizator logiczny. Warto też przeszukać zasoby sieci, czy nie jest dostępna gotowa konfiguracja dla posiadanego wyświetlacza, pozwala to zaoszczędzić sporo czasu. Obowiązkowo trzeba też zapoznać się z dokumentacją Raspberry Pi dostępną pod adresem: <http://bit.ly/2PuEiHZ>.

Adam Tatus
adam.tatus@ep.com.pl

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP? Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku

