

# Sterownik RGBW oświetlenia schodów

Automatycznie załączane oświetlenie schodów może zwiększyć bezpieczeństwo poruszania się po budynku oraz uatrakcyjnić jego wygląd, co może korzystnie wpłynąć na wizerunek firmy. W Internecie można znaleźć przeróżne sterowniki, często wykorzystujące Arduino. Najczęściej są to nieskomplikowane urządzenia sterujące niewielką liczbą stopni schodów, a oświetlenie jest monochromatyczne. W artykule opisano sterownik, który może obsłużyć wielokrotność 16 stopni w przypadku diod RGB lub 12 RGBW.

**Rekomendacje:** sterownik może uatrakcyjnić wnętrze domu, może też stać się bazą do realizacji własnych pomysłów.

Sterownik za pomocą PWM za pomocą driverów mocy steruje listwami RGB lub RGBW w sposób multipleksowy. Załączenie oświetlenia następuje po wykryciu ruchu lub przecięciu bariery świetlnej na jednym z końców schodów. Ponadto możliwe jest włączenie oświetlenia na stałe lub na określony czas. W każdej chwili czas świecenia można skrócić lub przerwać wyświetlaną animację. W stanie spoczynkowym całe schody mogą być lekko podświetlone lub może być podświetlony ich początek i koniec. Można też całkowicie wyłączyć podświetlenie. Komunikacja z użytkownikiem odbywa się za pomocą 6-przyciskowej klawiatury oraz

wyświetlacza OLED 0,96" o rozdzielczości 128x64 piksele lub USB i programu terminalu. Istnieje możliwość połączenia przez Wi-Fi lub Bluetooth. Liczbę obsługiwanych stopni schodów można zwiększyć, łącząc ze sobą kilka sterowników. W tym celu przewidziano interfejs RS485, opcjonalnie Bluetooth lub Wi-Fi.

## Budowa i zasada działania

Schemat ideowy sterownika oświetlenia schodów umieszczono na rysunku 1. Jego sercem jest mikrokontroler STM32F103RET6. Aktualnie oprogramowanie zajmuje około 50 kB pamięci Flash i ponad 11 kB RAM

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl)

### W ofercie AVT\* AVT-----

#### Podstawowe parametry:

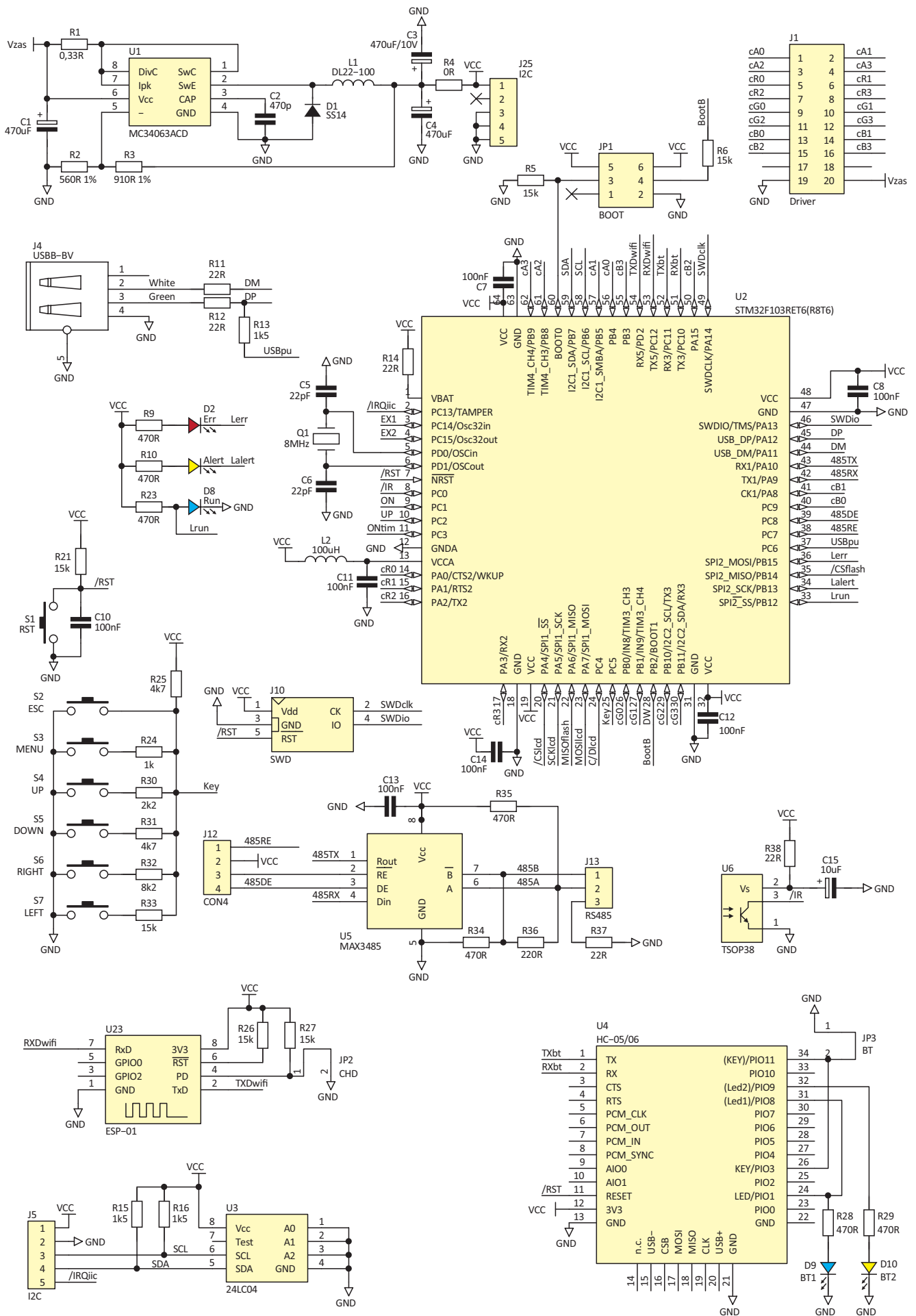
- Mikrokontroler STM32F103RET6.
- Sterowanie za pomocą podczerwieni.
- Programowalne sekwencje załączenia.
- Nastawy zapamiętywane w pamięci Flash mikrokontrolera.
- Wyzwalanie za pomocą barier podczerwieni lub innych czujników.
- Zasilanie 12 V DC, wydajność źródła zależna od rodzaju diod LED.
- Zasilanie wielokrotności 16 pasków RGB lub 12 RGBW.
- Interfejs użytkownika złożony z 6-przyciskowej klawiatury oraz wyświetlacza OLED.
- Opcjonalne interfejsy Bluetooth, Wi-Fi, RS485.

#### Projekty pokrewne na [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl):

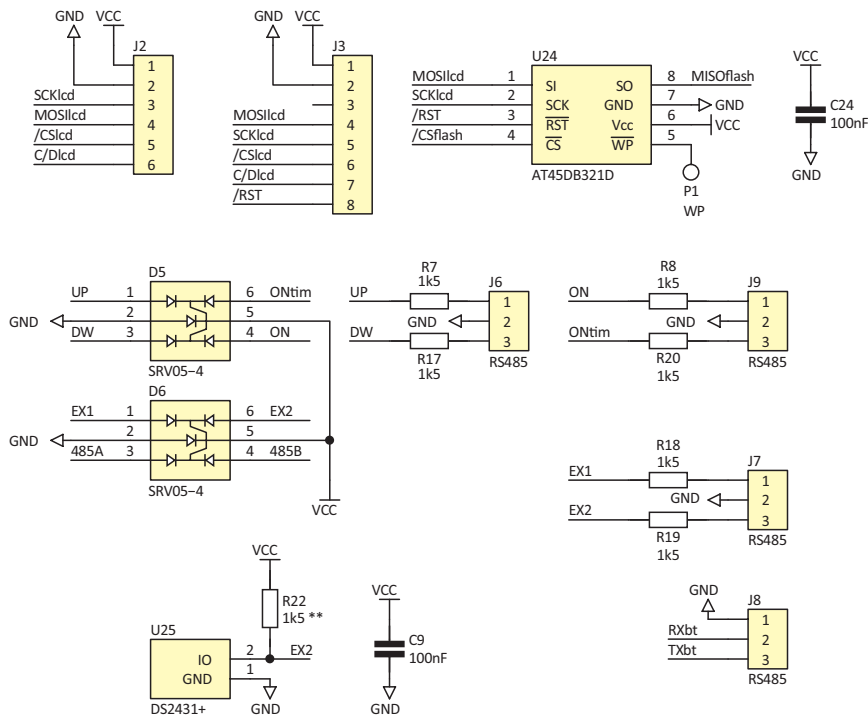
- Projekt 237 Wyłącznik taśmy LED - bariera podczerwieni (EP 12/2018)
- AVT-1996 Bedlight - sterownik oświetlenia nocnego z czujką ruchu (EP 8/2018)
- AVT-1975 Powolny rozjaśniacz do taśm LED 12 V (EP 7/2017)

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

Wymagana umiejętność lutowania!  
Podstawową wersją 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 wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podłączona w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:  
• wersja [C] - zamontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)  
• wersja [A] - płytką drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:  
• wersja [A\*] - płytką 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](mailto:kity@avt.pl).



Rysunek 1. Schemat ideowy sterownika oświetlenia schodów



Rysunek 1. cd.

(1,5 kB RAM na dane, 10 kB na stos i sterkę, 256 bajtów na sekcję NOINIT). Pozwala to na użycie STM32F103R8T6, ale wymaga skompilowania programu w taki sposób, aby konfiguracja była zapisywana w ostatnich blokach przestrzeni 64 kB, a nie 512 kB, a bloki miały wielkość 1 kB, a nie 2 kB. Ponadto R8 ma mniej timerów i część generatorów PWM trzeba zrealizować programowo.

Wszystkie układy są zasilane napięciem 3,3 V za pomocą stabilizatora MC34063ACD. Bezpośrednią komunikację z użytkownikiem zapewnia klawiatura złożona z przycisków S2...S7, dołączona do wejścia przetwornika A/C mikrokontrolera oraz moduł monochromatycznego wyświetlacza OLED o rozdzielczości 128×64 piksele, komunikującego się z mikrokontrolerem przez interfejs SPI. Wyświetlacz jest umieszczany w gnieździe J2. Nie jest wymagany do pracy sterownika, ale przydatny podczas jego testowania. Komunikację z komputerem realizuje interfejs wbudowany w mikrokontroler. Jedyne elementy zewnętrzne, poza gniazdem USB, to rezystory dopasowujące R11, R12 i zasilający R13.

Komunikację pomiędzy sterownikami zrealizowano za pomocą interfejsu RS485, którego poziomy napięcia dopasowuje driver MAX3485. Sterowniki mogą komunikować się pomiędzy sobą przez Bluetooth (HC-05 dla master/slave lub HC-06 dla slave) lub Wi-Fi. Komunikację przez Wi-Fi realizuje moduł ESP-01. **W aktualnej wersji oprogramowania nie zaimplementowano komunikacji przez interfejs radiowy.**

Sygnaly z czujników ruchu lub barier podczerwieni oraz wejść włączających oświetlenie na stałe są zabezpieczone układami D5 i D6. W ten sam sposób zabezpieczono

magistralę RS485. Aktualne oprogramowanie przewiduje po jednym czujniku na krańcu schodów. Dzięki temu jest możliwe określenie kierunku ruchu, a co za tym idzie, można wykryć przypadek, w którym zawrócono na schodach, zasygnalizować zakończenie ruchu lub ruch w przeciwnym kierunku. Do tego celu przewidziano wejścia EXT1 i EXT2, które także są zabezpieczone układem D6.

Ustawienia sterownika są zapamiętane w ostatnich sektorach pamięci Flash mikrokontrolera. Pierwotnie do tego celu użyto biblioteki z noty aplikacyjnej AN4061 „EEPROM Emulation in STM32F0xx Microcontrollers” zawierającej opis sposobu emulowania pamięci EEPROM w pamięci Flash. Nie zdecydowano się jednak na jej wykorzystanie do zapamiętania konfiguracji, ale przechowywane są dane o bieżących ustawieniach w trybie sterownika oświetlenia pomieszczenia. Konfiguracja zawiera liczby zmiennoprzecinkowe. Funkcje emulujące EEPROM mają pewne ograniczenia, takie jak przechowywanie tylko liczb 16-bitowych, co powoduje problemy z przechowywaniem liczb zmiennoprzecinkowych – niełatwo jest zrealizować zapis i odczyt struktury, w której jest przechowywana konfiguracja. Problem liczb zmiennoprzecinkowych łatwo obejść (wystarczy przed zapisem do EEPROM przemnożyć liczbę np. przez 1000, a przy odczycie podzielić), ale z zapisem struktury występują pewne kłopoty. Zapis struktury zdecydowanie łatwiej można zrealizować bezpośrednio na bloku pamięci Flash, a podwójne buforowanie zapewnia bezpieczeństwo danych. Ogranicza to co prawda liczbę zapisów do 10 tysięcy, ale ze względu na to,

**Wykaz elementów:****Rezystory:** (SMD 1206)

R1: 0,33 Ω  
R2: 560 Ω/1%  
R3: 910 Ω/1%  
R4: 0 Ω  
R22: 1,5 kΩ (nie montować)  
R7, R8, R13, R15...R20, R39, R69: 1,5 kΩ  
R24, R71: 1 kΩ  
R30: 2,2 kΩ  
R25, R31: 4,7 kΩ  
R32: 8,2 Ω  
R5, R6, R21, R26, R27, R33: 15 kΩ  
R11, R12, R14, R37, R38, R40, R41, R43, R44, R46, R47, R49, R50, R53, R54, R57, R58, R61, R62, R65, R66: 22 Ω  
R42, R45, R48, R51, R52, R55, R56, R59, R60, R63, R64, R67, R68, R70: 100 kΩ  
R36: 220 Ω  
R9, R10, R23, R28, R29, R34, R35: 470 Ω

**Kondensatory:** (SMD 1206)

C1: 470 μF/25 V  
C2: 470 pF  
C3, C4: 470 μF/10 V  
C5, C6: 22 pF  
C7...C24: 100 nF  
C15: 10 μF (SMD „A”)  
C25: 1000 μF/35 V

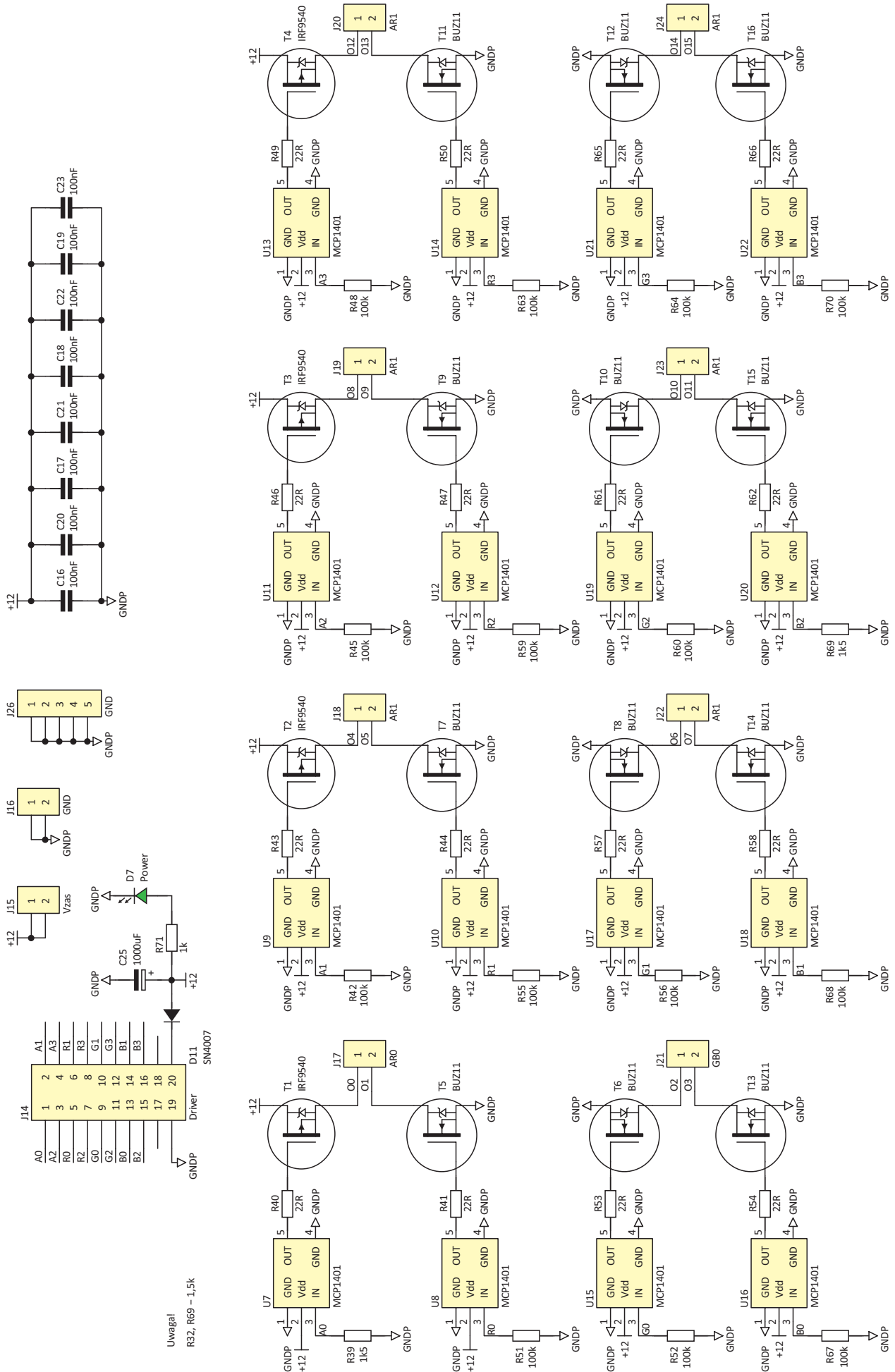
**Półprzewodniki:**

U1: MC34063ACD (SO-8)  
U2: STM32F103RET6(R8T6)  
U3: 24LC04 (SO-8, nie montować)  
U4: HC-05/06 (nie montować)  
U5: MAX3485 (SO-8)  
U6: TSOP38  
U7, U9, U11, U13: MCP1401 (SOT-23-5)  
U8, U10, U12, U14...U22: MCP1402 (SOT-23-5)  
U23: ESP-01 (nie montować)  
U24: AT45DB321D (SOIC-08, nie montować)  
U25: DS2431 (TO-92, nie montować)  
T5...T16: BUZ11 (TO-220)  
T1...T3: IRF9540 (TO-220)  
D1: SS14  
D2: LED czerwony  
D3, D10: LED żółty  
D7: LED zielony  
D5, D6: SRV05-4  
D8, D9: LED niebieski  
D11: SN4007  
**Inne:**  
L1: dławik 22 μH np. DL22-100  
L2: 100 μH (SMD 1210)  
Q1: rezonator 8 MHz  
J1, J14: IDC20MLP  
J2: OLED 0,96" 128×64 niebieski SPI (AVT kod handlowy: 00071)  
J3: OLED RGB 0,95" 96×64 KAMAMI ID: 561210 (nie montować)  
J4: gniazdo USB-B, kątowe  
J16...J24: TB-5.0-PP-2P  
J6, J7, J9, J13, J15: TB-5.0-PP-3P  
S2...S7: przycisk 5×7

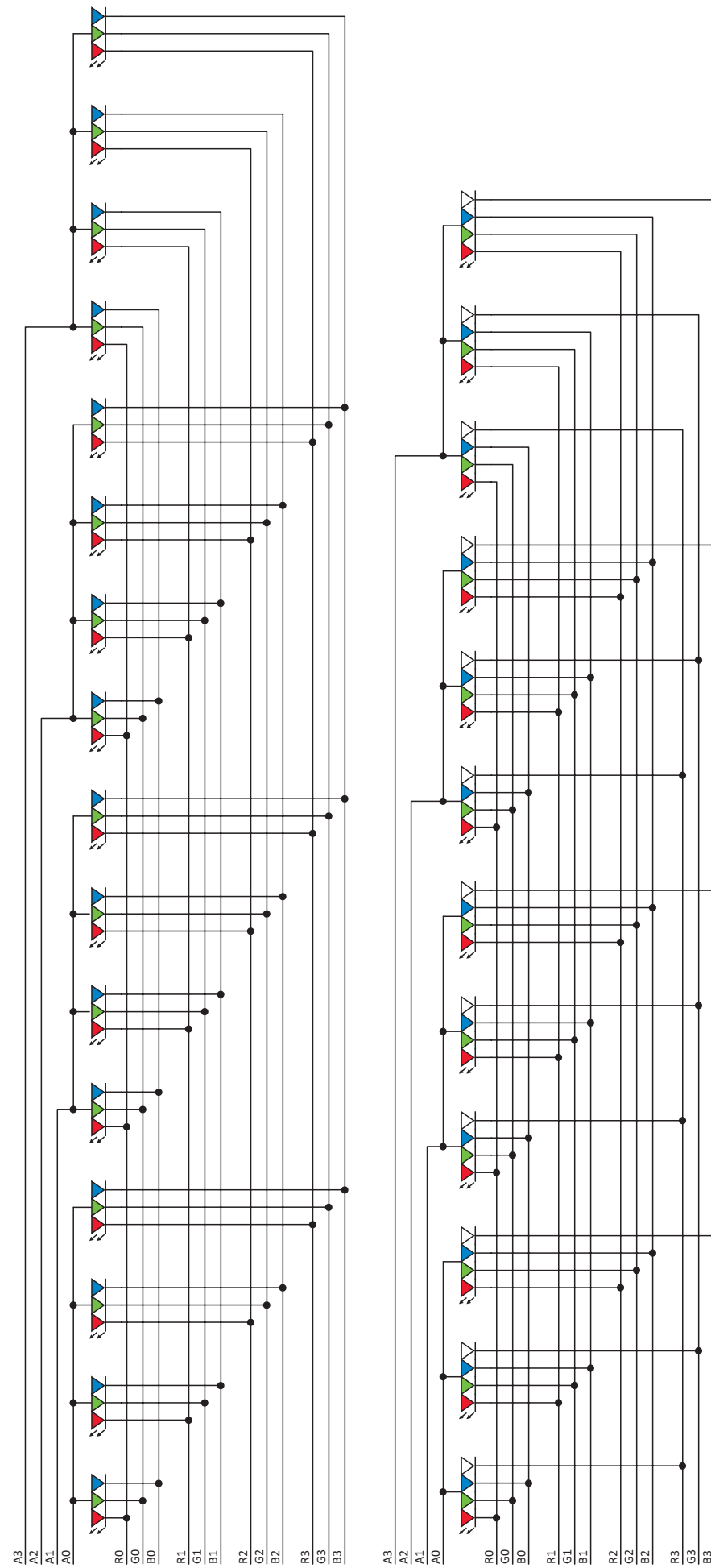
że zapis jest bardzo rzadki, wykonywany na polecenie użytkownika, to ograniczenie nie stanowi problemu.

Pomimo przechowywania konfiguracji w pamięci mikrokontrolera na płytce drukowanej zamontowano pamięć EEPROM z interfejsem I<sup>2</sup>C oraz DataFlash SPI. Tych pamięci można użyć, gdyby była potrzeba przechowywania dużej ilości danych (DataFlash) lub częściej ich zmiany (EEPROM można zamienić na FRAM) w sytuacji, gdy sterownik będzie wykorzystany do innych celów niż oświetlenie schodów. Na złączu J5 wyprowadzono magistralę I<sup>2</sup>C umożliwiającą rozbudowę sterownika, na przykład o układy PCA9685 mające szesnaście 12-bitowych PWM. Jeden układ pozwala więc na sterowanie 4 listew RGB lub 3 RGBW. Układ taki ma 6 linii adresowych, co pozwala dołączyć 64 takie układy, czyli sterować 256 listew RGB lub 192 RGBW. Gdyby to było mało, to można użyć ekspandera PCA9685 zwiększającego





Rysunek 2. Schemat ideowy drivera mocy



Rysunek 3. Schemat sposobu dołączenia diod RGB i RGBW

tę liczbę 4-krotnie (do 1024 lub 768) albo TCA9548A 8-krotnie (do 2048 lub 1536).

Sygnaly PWM wyprowadzone są na złącze J1, skąd za pomocą taśmy przewodów jest zasilana płytka driverów prądowych – jej schemat ideowy pokazano na **rysunku 2**. Zamontowano na niej tranzystory wykonawcze wraz z driverami. Pierwotna koncepcja programu była inna i kluczowanie odbywało się z dużą częstotliwością, co wymuszało użycie driverów zasilających bramki tranzystorów. W aktualnej wersji oprogramowania wystarczyłyby drivery z wyjściem OC/OD i rezystorem podciągającym dla tranzystorów MOSFET-N i bardziej rozbudowany układ dla MOSFET-P. Rozwiązanie takie pewnie byłoby tańsze niż z użyciem specjalizowanych driverów, ale zajmowałoby więcej miejsca na płytce drukowanej. Miałoby tę zaletę, że można by zasilili drivery wyższym napięciem niż 18 V. Ze względu na multipleksowanie listwa LED świeci maksymalnie przez 25% czasu. Podwyższenie napięcia do 18 V pozwala świecić jej z intensywnością 47,5%.

Wyświetlacz LCD był przewidziany do pokazywania informacji o adresie IP modułu, statusie połączenia Wi-Fi/lub Bluetooth, transmisji za pomocą interfejsu RS485. Aktualnie jest wykorzystany przy testowaniu taśm LED i stopnia mocy.

Sposób połączenia taśm LED pokazano na schemacie ideowym zamieszczonym na **rysunku 3**. Zilustrowano na nim połączenie LED RGB oraz LED RGBW.

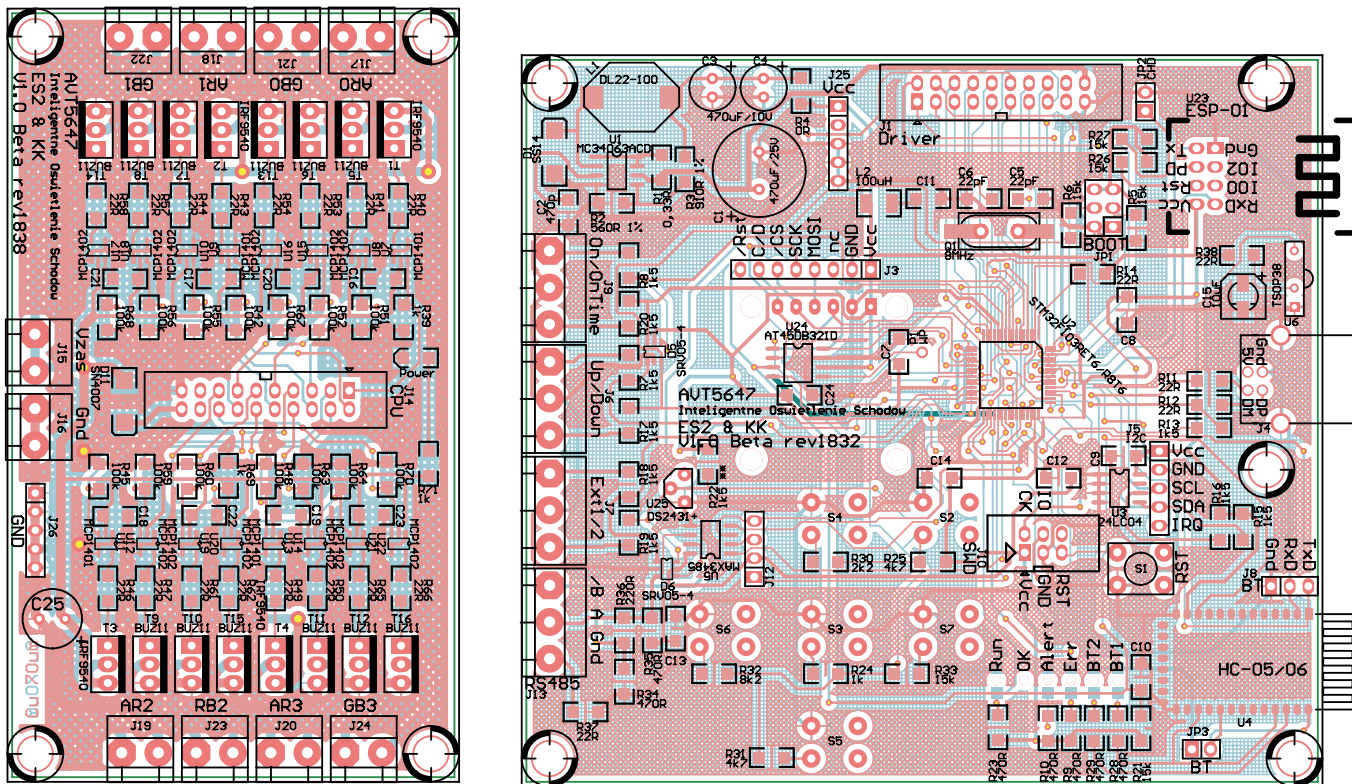
## Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy sterownika pokazano na **rysunku 4**. Montaż jest typowy i nie wymaga szczegółowego omawiania. Najlepiej rozpocząć od zasilacza, następnie wlutować mikrokontroler i elementy z nim współpracujące. Następnie dołączyć LCD i przetestować klawiaturę. W kolejnym kroku należy uruchomić płytkę drivera mocy. Do jej sprawdzenia będzie potrzebny oscyloskop.

Po uruchomieniu, na wyświetlaczu zostanie wyświetlony obraz informujący o wersji programu oraz z informacjami o autorze. Gdy w dolnej linii ekranu zostanie wyświetlony komunikat „IDLE”, to można przystąpić do testowania taśm LED. W tym celu należy przytrzymać przycisk ESC przez ponad 2 sekundy lub przesłać za pomocą terminalu komendę „@T=1”, co spowoduje wyświetlenie ekranu testowego. Przyciskami „w górę” i „w dół” zmieniamy numer testowanej taśmy, a za pomocą „w lewo” i „w prawo” zaświecamy poszczególne diody (kolory):

- Dla diod RGBW: R+G+B+W→R→G→B→R+C+B→W.
- Dla diod RGB: R+G+B→R→G→B.

Przed testem należy ustawić tryb pracy sterownika (RGB/RGBW) komendą „@cw” i liczbę taśm LED. Po testach można przejść do konfigurowania sterownika. Wykaz



Rysunek 4. Schemat montażowy sterownika oświetlenia schodów

komend zamieszczono w tabeli 1. **Uwaga! Każda komenda musi kończyć się znakiem CR, LF lub CR+LF.** W pierwszej kolejności należy skonfigurować tryb „@cw”, liczbę stopni „@cS”, następnie pozostałe parametry. Komenda „@W” zapisze konfigurację w pamięci Flash.

Po skonfigurowaniu sterownika pozostaje do wejść wyzwalających „UP” i „DOWN” przyłączyć czujki ruchu lub bariery podczerwieni. W razie potrzeby można dołączyć wejście/wejścia „ON” i/lub „On Time”. Ekran LCD obrazuje status LED (intensywność świecenia) poszczególnych stopni oraz stan wewnętrznej pamięci zawierającej zmiany LED dla ruchu w górę lub w dół schodów.

Świecenie LED jest zilustrowane 16 poziomami, stan pamięci RAM – 8. Wyświetlacz może przydać się również podczas ustawiania czasów animacji. Czasowe włączenie oświetlenia spowoduje wyświetlenie ekranu, na którym za napisem „Off” będzie wyświetlany upływający czas. Może on zostać wydłużony przez ponowne wyzwolenie wejścia „On Time”. Aktywowanie wejścia „ON” (przycisk chwilowy, dzwonek) włącza oświetlenie na stałe. Kolejne aktywowanie wyłączenia. Czas ciągłego świecenia jest ograniczony do 60 minut. Dodatkową funkcją wejścia „ON” jest przerwanie animacji lub wcześniejsze wyłączenie oświetlenia aktywowanego wejściem „On Time”.

Po restarcie mikrokontrolera jest sprawdzana jego przyczyna. Jeśli powodem jest zadziałanie funkcji BOD lub timera WDG, to zostanie pokazany odpowiedni komunikat. Następnie jest wczytywana konfiguracja.

Przy pierwszym uruchomieniu programu są przywracane ustawienia standardowe.

Na koniec opiszę tryb pracy sterownika oświetlenia pomieszczenia sterowane pilotem na podczerwień. W aktualnej wersji oprogramowania jest obsługiwany jedynie nadajnik podczerwieni pokazany na fotografii 5. W kolejnych wersjach będzie możliwe uczenia sterownika kodów praktycznie dowolnego pilota. Tryb sterownika oświetlenia pomieszczenia uruchamia komenda „@cw=2”. Działają tylko wyjścia R0, G0, B0, R1, G1, B1 i sterowanie multipleksowanie, listwy można zasilic bezpośrednio z 12 V. Dla czytelników, którzy chcieliby wypróbować ten tryb, taśmy są załączone w trybie multipleksowania A0...A3. Ponadto dane wysyłane na R0, G1 i B1 są kopiowane na R2, G2, B2, podobnie R3 na B3.

Przyciski zamontowane na pilocie po lewej stronie rozjaśniają i ściemniają oświetlenie. Funkcje ON, OFF nie wymagają wyjaśnienia. Przyciski R, G, B, W włączają wybrane barwy. Przycisk FLASH włącza białą razem z wszystkimi strukturami RGB. Pozostałe kolory zostały zdefiniowane następująco:

- R + G/3, G + B/3, B + R/3,
- R + G/2, G + B/2, B + R/2,
- R + G×0.7, G + B×0.7, B + R×0.7,
- R + G, G + B, B + r.
- STROBE włącza wyjścia RGB0 (z kopią na RGB2),
- FADE – RGB1,
- SMOOTH – RGB0 razem z RGB1.

Po 10 sekundach od ostatniej regulacji nastawień pilotem są one zapisywane w emulowanym EEPROM, czemu towarzyszy



Fotografia 5. Wygląd pilota zdalnego sterowania IR

przesłanie komunikatu do programu terminalu. Restart lub włączenie zasilania sterownika odtwarza ostatnie ustawienia zapisane w EEPROM, przy czym sterownik zawsze znajduje się w trybie ON, a oświetlenie nie jest włączone natychmiastowo, lecz następuje powolne rozświetlenie. Sterownik będzie reagował na pilota po około 2,5 sekundy od włączenia zasilania. Ostatnio odebrany kod z pilota jest pokazywany na ekranie LCD oraz przesyłany do terminalu.

Sterownik rozpoznaje kilkanaście standardów: RC5, RC6 & RC6A, SIRCS, NEC, APPLE,JVC, NEC16, NEC42, Matsushita, DENON, Sharp, IR60 (SDA2008), Grundig, Siemens Gigaset, Nokia.

SaS, EP  
sas@elportal.pl



Tabela 1. Polecenia realizowane przez sterownik

Komenda	Parametry	Komentarz
@? lub F1		Wyświetl ekran pomocy. W ściągawce, pomiędzy nawiasami kwadratowymi, znajduje się komenda, która wywołuje wybraną funkcję. Niektóre można wywołać klawiszem funkcyjnym. Następną kolumnę zawiera opis komendy/funkcji, ustawiona wartość, po czym dopuszczalny zakres wartości, o ile komenda przyjmuje parametry. Zakres dopuszczalnych wartości może się zmieniać zależnie od ustawionego trybu pracy (RGB/RGBW). Różny może być zakres kolorów i maksymalna liczba stopni schodów.
@n @v ATI		Wyświetla nazwę i wersję programu, datę kompilacji.
@R		Przepisanie konfiguracji z Flash do RAM.
@W		Zapamiętanie konfiguracji z RAM w pamięci Flash.
rst		Restart sterownika.
Hreset		Przywraca standardową konfigurację w Flash.
@Pl F9		Wyświetla w terminalu aktualny stan pamięci „ekranu” LED.
@Pi F10		Wyświetla zawartość ekranu LCD w postaci pliku IntelHex.
@P* F11		Wyświetla zawartość ekranu LCD w postaci kodów ASCII (* – punkt zaświecony, spacja – zgaszony).
@Pa F12		Wyświetla zawartość ekranu LCD w postaci kodów ASCII (zanegowana spacja – punkt zaświecony, spacja – zgaszony).
@?		Wyświetla konfigurację sterownika.
@cw	1..2	Tryb pracy LED: 0 – RGB, 1 – RGBW, 2 – oświetlenie pomieszczenia sterowanie IR. Przykładowa komenda: @cw=1 włącza tryb RGBW.
@cS	1..12 dla RGBW lub 1..16 dla RGB	Ustawia liczbę stopni schodów. Na przykład @cS=10 ustawi 10 stopni.
@ci	0..3	Zachowanie w trybie IDLE: 0 – oświetlenie wyłączone, 1 – świecą wszystkie stopnie, 2 – świecą skrajne stopnie, 3 – świeci kilka skrajnych stopni z coraz mniejszą intensywnością.
@cs	0,01..5 sekund	Czas rozświetlania/wygaszania stopnia. Minimalny czas da wrażenie natychmiastowego zaświecenia.
@cpi	42..127	Moc świecenia w trybie IDLE.
@cpa	127..255	Moc świecenia po załączeniu oświetlenia na stałe.
@ctp	0..5000 ms	Czas pauzy pomiędzy rozświetleniem kolejnych stopni.
@ctl	1..60	Czas świecenia stopnia w sekundach.
@cta	10..600 sekund	Czas świecenia wyzwalany wejście „On Time”.
@ccu	1..15 dla RGBW lub 1..7 dla RGB	Kolor świecenia LED wyzwalany wejściem „UP”. Kolejne bity odpowiadają za: 0 – czerwony, 1 – zielony, 2 – niebieski, 3 – biały. Kolory można mieszać i tak komenda @ccu=3 załączy kolor żółty, @ccu=7 – biały wynikający z mieszania barw, @ccu=15 – włączy wszystkie LED, dając biały z RGB (zimny) i włączy białe dodatkowe LED na taśmie. Zależnie od typu będzie to biały ciepły lub zimny.
@ccd	Jak wyżej.	Kolor świecenia LED wyzwalany wejściem „DOWN”. Parametry jak dla komendy „@ccu”.
@cci	Jak wyżej.	Kolor świecenia w trybie spoczynku. Parametry jak dla komendy „@ccu”.
@cca	Jak wyżej.	Kolor świecenia po włączeniu oświetlenia wejściem „On” lub „On Time”. Parametry jak dla komendy „@ccu”.

REKLAMA

## ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA MEDIA

Aby skorzystać z materiałów dodatkowych dołączonych do numeru, należy:

1. Wejść na stronę [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl)
2. Zarejestrować się lub zalogować
3. Wybrać wydanie „Elektroniki Praktycznej”, które ma trafić do biblioteki osobistej
4. Odpowiedzieć na proste pytanie dotyczące bieżącego numeru
5. Pobrać pliki

