

# Dekoder DCC z funkcją SUSI



W EP 9/2009x opisano prosty dekodery DCC. W poniższym artykule opisana będzie bardziej zaawansowana wersja. Co ważne, powstał wariant dla AVT-5201 oraz AVT-1617, dzięki czemu użytkownicy tych kitów będą mogli przeprowadzić lifting swoich dekodery.

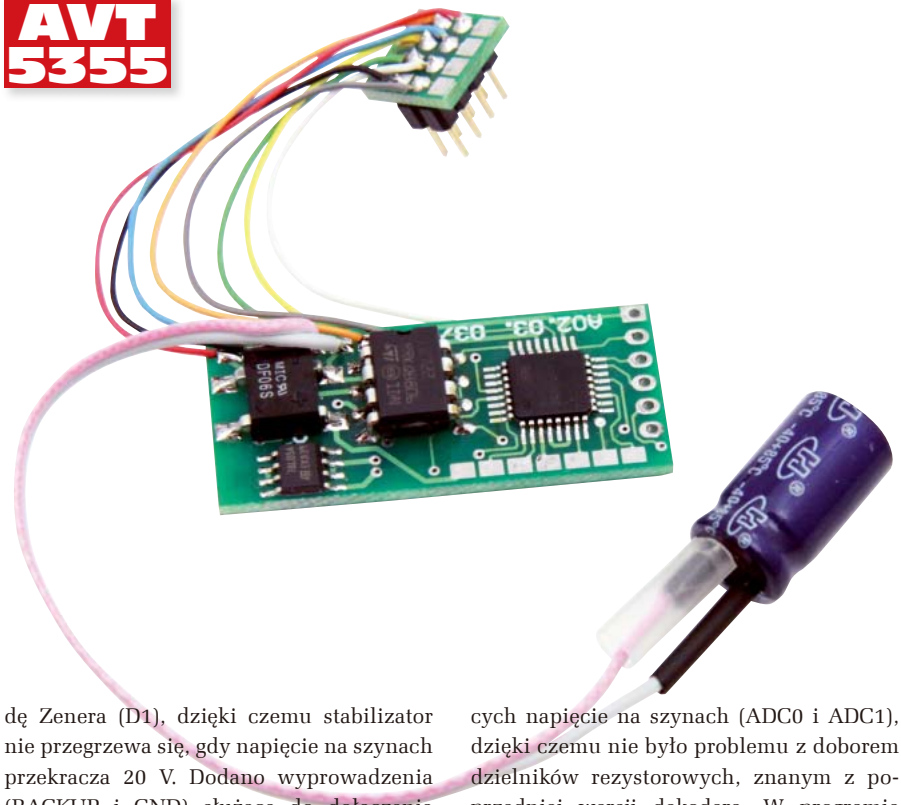
**Rekomendacje:** urządzenie jest doskonałą alternatywą dla drogich rozwiązań fabrycznych; przyda się modelarzom kolejowym, ale jest też bardzo dobrym ćwiczeniem dla elektroników i automatyków, ponieważ zastosowano w nim nietuzinkowe rozwiązanie transmisji danych i zasilania.

Ze względu na to, w artykule o poprzednim dekoderyze AVT-5201 opisałem zasadę komunikacji DCC, teraz pomiję ten wątek, skupiając się na omówieniu różnic pomiędzy starym a nowym dekoderym.

## Budowa i zasada działania

Schemat ideowy nowego dekodera DCC zamieszczono na rysunku 1. W porównaniu z poprzednią wersją, rozbudowano stronę sprzętową nowego dekodera. Przed wejściem stabilizatora U1 (78L05) dodano dio-

**AVT  
5355**



dę Zenera (D1), dzięki czemu stabilizator nie przegrzewa się, gdy napięcie na szynach przekracza 20 V. Dodano wyprowadzenia (BACKUP i GND) służące do dołączenia kondensatora UPS. Sposób jego włączenia pokazano na rysunku 2. Końcówkę mocy, tak jak w poprzednim dekoderyze, stanowi układ L272 (U3). Mikrokontroler ATtiny zastąpiono ATmega168, dzięki czemu dekodery ma 7 wyjść funkcyjnych (w tym 4 mocy) oraz wyjście SUSI. Wejście dekodujące dane PD2 (INT0) oddzielono od wejść mierzą-

cych napięcie na szynach (ADC0 i ADC1), dzięki czemu nie było problemu z doбором dzielników rezystorowych, znanym z poprzedniej wersji dekodera. W programie wprowadzono szereg zmian i ulepszeń, które dokładnie zostaną opisane przy okazji omawiania funkcji rejestrów CV. Złącze programujące (J1) jest kompatybilne z poprzednią wersją dekodera.

Tabela 1. Opis rejestrów CV dekodera DCC

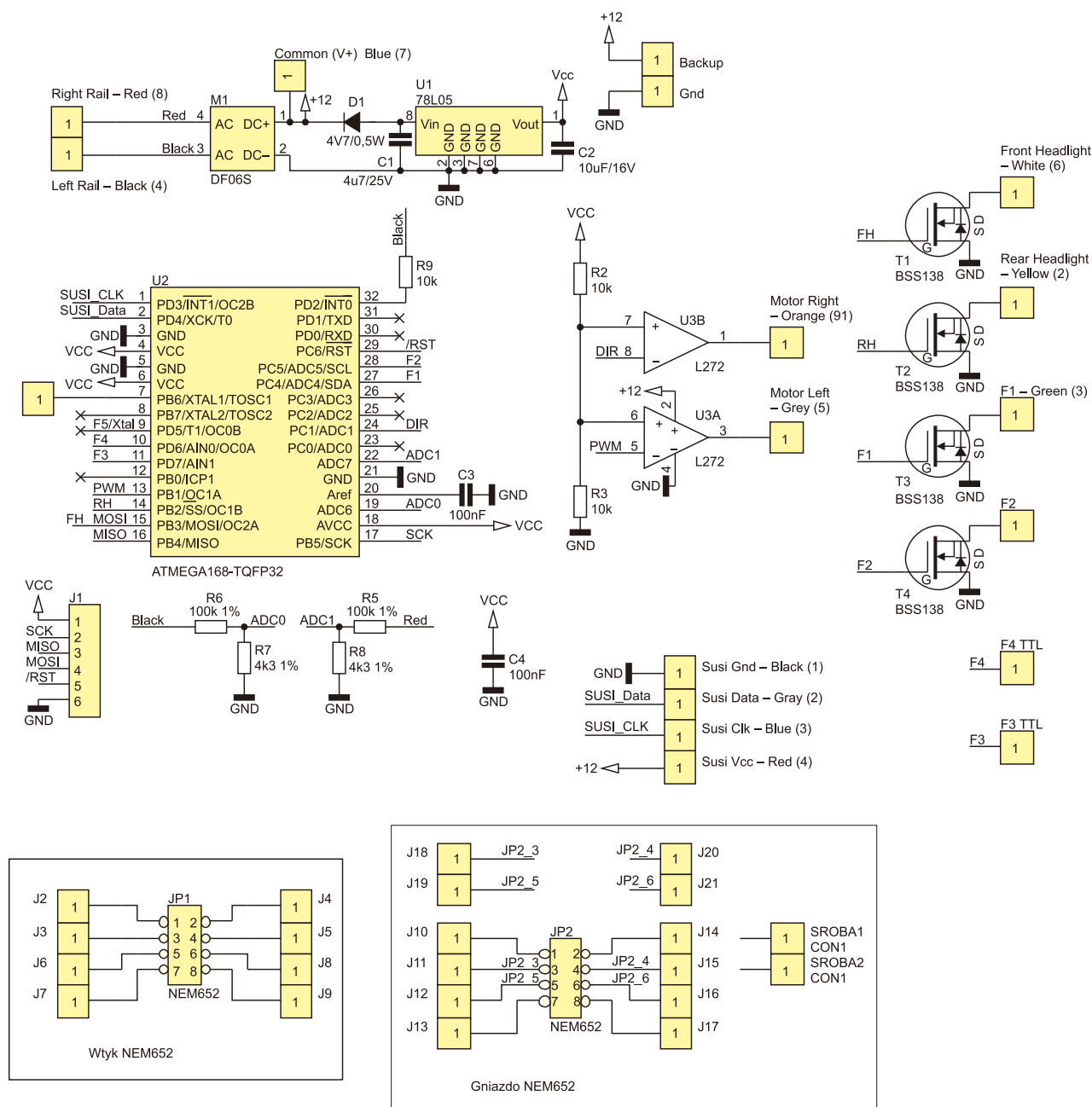
CV	Nazwa	Zakres wartości	Wartość domyślna	Opis
1	Adres lokomotywy	1...99	3	Adres lokomotywy dla adresowania krótkiego
2	Minimalne napięcie na silniku	0...50	20	Różne silniki rozpoczynają pracę od różnego napięcia (wypełnienia PWM). Aby niewielka zmiana położenia pokrętła prędkości jazdy spowodowała uruchomienie lokomotywy, trzeba ustalić napięcie minimalne, od którego silnik zaczyna obracać się. Zalecana procedura: - CV5 ustawić na 120. - Zwiększać wartość CV2 od 0 (najlepiej w trybie PoM) do momentu aż lokomotywa ruszy. - Ustawić CV5 w/g potrzeby lub upodobania. Napięcie wprowadzamy setkach mV, np.: CV2=10 tj. 1 V, CV2=35 tj. 3,5V, CV2=50 tj. 5V. Dzięki temu, że program mierzy napięcie na szynach (potrzebne także przy ARP), możliwe stało się wprowadzanie do rejestru napięcia w mV, a nie wartości PWM-a. Program sam wylicza wartość PWM, tak aby utrzymać napięcie zadane pokrętłem prędkości. Oczywiście jeśli napięcie na torowisku będzie zbyt niskie i PWM osiągnie wartość 255, lokomotywa i tak nie pojedzie szybciej.
3	Czas rozpędzania	0...31	10	Czas rozpędzania od 0 do maksymalnej prędkości jest równy: CV3×1 ms×255, np.: - CV3=15 tj. czas rozpędzania: 15×0,001 s×255=3,8 s. - CV3=1 tj. czas rozpędzania: 1×0,001 s×255=0,25 s. Wpisanie 0 wyłącza funkcję. Uwaga! Czas rozpędzania będzie krótszy dla niższych wartości CV5.
4	Czas hamowania	0..15	3	Reguły jak dla rozpędzania.

Dekoder ma tryb manewrowy, w którym jest możliwe włączenie po obu stronach świateł białych. Wiele modeli lokomotyw ma także światła czerwone. Dekoder programowo

wspiera blokowanie czerwonych świateł w trybie jazdy manewrowej. Schemat obwodów sterowania światłami pokazano na rysunku 3.

### Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy dekodera pokazano na rysunku 4. Ze względu na to, że elementy są zamontowane po obu stronach płytki,



Rysunek 1. Schemat ideowy dekodera DCC

CV	Nazwa	Zakres wartości	Wartość domyślna	Opis
5	Maksymalne napięcie na silniku	60...160	120	Napięcie w setkach mV, jak dla CV2.
8	ID producenta	8	-	Wpisanie 8 przywraca ustawienia fabryczne.
9	Częstotliwość PWM dla mikrokontrolera ATmega168	0...255	2	PWM dla prędkości podstawowej (bity b0..b3): 0...1=30 Hz, 2...3=125 Hz (domyślna), 4...6=500 Hz, 7...9=4 kHz, 10=32 kHz. PWM dla małej prędkości (bity b4..b5): 0 (+0) – 30 Hz, 1 (+16) – 125 Hz, 2 (+32) – 500 Hz, 3 (+48) – 4 kHz.

**W ofercie AVT\***  
**AVT-5355 A** AVT-5355 B  
**AVT-5355 UK**

- Podstawowe informacje:**
- Wymiary płytki drukowanej: 41 mm×18 mm.
  - Zalecane napięcie na torowisku: 17...20 V.
  - Dopuszczalne napięcie na torowisku: 12...25 V
  - Maksymalny, sumaryczny prąd ciągły: 0,7A (1A).
  - Automatykzna Regulacja Prędkości (ARP), odpowiednik ABC - wersja poprawiona (10-bit).
  - Programowanie Paged, PoM, Direct.
  - Adresowanie krótkie i długie.
  - Jazda w 14/26/126 krokach
  - Poprawione dekodowanie DCC (optymalizacja czasowa).
  - HLU (w trakcie testów).
  - Stabilizacja napięcia na silniku niezależnie od napięcia na szynach.
  - CV2, 5, 136 (wartość w Voltach).
  - Tryb jazdy manewrowej: definiowanie klawisza jazdy manewrowej, prędkość zmniejszona do wartości wpisanej w CV136, z obu stron światła białe, blokowanie czerwonych świateł przez wyjście funkcyjne, brak reakcji na ARP (ABC/HLU).
  - Płynne przyspieszanie i zwalnianie (zmiana PWM1/256, a nie 8/256)
  - 7 wyjść funkcyjnych, w tym: 2 do sterowania oświetleniem (po 200 mA), 2 (F1, F2) dodatkowe mocy (200 mA), 3 (F3, F4, F5) TTL (maks. 20 mA).
  - Mapowanie wyjść.
  - Płynne rozjaśnianie i ściemnianie świateł.
  - Wyjście SUSI (w trakcie testów).

- Wykaz elementów:**
- Rezystory (SMD 0805)**  
 R2, R3, R9: 10 kΩ  
 R5, R6: 100 kΩ/1%  
 R7, R8: 4,3 kΩ/1%
- Kondensatory (SMD 1206)**  
 C1: 4,7 μF/16 V  
 C2: 10 μF/16 V  
 C3, C4: 100 nF

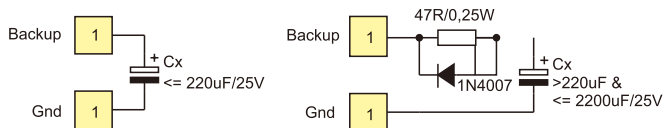
- Półprzewodniki**  
 U1: 78L05 (SO-8)  
 U2: ATmega168 (TQFP32)  
 T1...T4: BSS138 (SOT-23)  
 M1: mostek prostowniczy DF065  
 D1: dioda Zenera 4,7 V/0,5 W  
 U3: L272 (DIP-8) [0,7A] lub L2722 (DIP-8) [1A]

- Inne**  
 JP1: listwa goldpin 2×8, dwustronna, okrągła
- Dodatkowe materiały na CD/FTP:**  
[ftp://ep.com.pl](http://ep.com.pl), user: 19891, user: 428jbr30
- wzory płytek PCB
  - karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

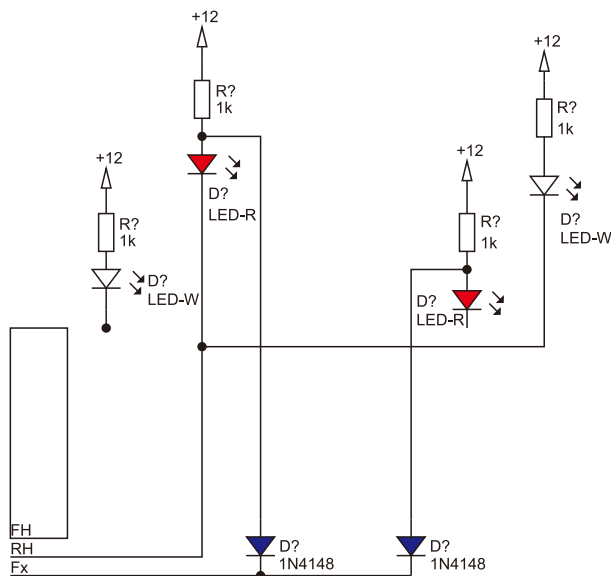
- Projekty pokrewne na CD/FTP:**  
 (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT-1617 Oświetlenie wagonu z dekodem DCC (EP 5/2011)
  - AVT-5287 Sterownik DCC zapór makiety przejazdu kolejowego (EP 04/2011)
  - AVT-5259 Moduł pętli do makiety kolejowej (EP 10/2010)
  - AVT-5253 Centralka NanoX systemu DCC - Manipulator (EP 8/2010)
  - AVT-5247 Kontroler dwóch semaforów 3-komorowych (EP 7/2010)
  - AVT-5248 Kontroler czterech semaforów 2-komorowych (EP 7/2010)
  - AVT-5249 Kontroler semafora 5-komorowego i tarczy ostrzegawczej (EP 7/2010)
  - AVT-5238 Uniwersalny 8-wyjściowy dekodery mocy (EP 6/2010)
  - AVT-5239 Kontroler siłowników czterech zwoznic (EP 6/2010)
  - AVT-5234 Centrala NanoX (EP 5/2010)
  - AVT-5212 Przejazd automatyczny (EP 12/2009)
  - AVT-5211 MiniDCC (EP 11/2009)
  - AVT-5207 Generator dźwięków do makiety kolejowej (EP 10/2009)
  - AVT-5201 Dekoder DCC - Sterowanie makieta kolejową (EP 9/2009)
  - AVT-5198 Samoczynna Blokada Liniowa SBL (EP 8/2009)

- \* Uwaga:**  
 Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A płytką drukowaną PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A+ płytką drukowaną i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx B płytką drukowaną (lub płytki) oraz komplet elementów wymieniony w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.  
 AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach!  
 Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C)  
<http://sklep.avt.pl>



Rysunek 2. Sposób dołączenia kondensatora podtrzymującego zasilanie



Rysunek 3. Schemat ideowy obwodów sterowania światłami

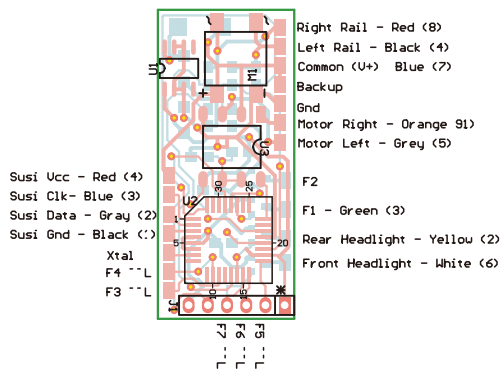
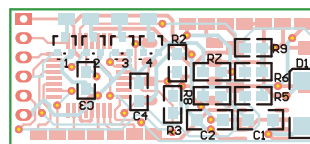
pracę zaleca się rozpocząć od wlutowania elementów na spodniej stronie płytki. Na górnej warstwie montujemy wszystkie elementy, poza mikrokontrolerem i L272. Po tych czynnościach przyłączamy zasilanie 15 V do dekodera (doprowadzenia RightRail i LeftRail). Polaryzacja jest nieistotna, wskazane aby zasilacz miał ustawione ograniczenie prądowe na około 100 mA. Kontrolujemy napięcie na wyjściu stabilizatora U1, które powinno wynosić około 5 V. Jeśli napięcie jest poprawne, wlutowujemy mikrokontroler U2 oraz układ U3.

Układ U3 jest dostarczany w obudowie DIP, natomiast na płytce znajdują się pady jak pod SMD, dlatego wyprowadzenia układu L 272 należy obciąć, po czym przylutować do płytki, podobnie jak układ SMD. Mikrokontroler dostarczony w kicie jest już zaprogramowany, jeśli jednak chcielibyśmy wgrać nowszą wersję oprogramowania, należy wlutować złącze J1 (goldpin kątowy 1×6). Niestety, goldpin zwiększył wymiary dekodera (wydłużył go). Jeśli jest to niepożądane mikrokontroler można zaprogramować bez lutowania J1. W tym celu należy przygotować prostą listwę goldpin 1x6. Co drugi pin krótszego odcinka listwy (przeznaczonych do wlutowania w płytkę) lekko porozginać na boki. Taka listwa dość ciasno wejdzie w otwory przeznaczone na złącze J1, a dzięki metalizacji zapewniony będzie kontakt elektryczny goldpina z padami na płytce. Teraz na goldpina można założyć wtyk programatora

i zaprogramować mikrokontroler. Po zaprogramowaniu goldpin wyjmujemy z płytki dekodera. Przy wgrzywaniu programu, należy pamiętać o zapisaniu eeprom-u i odpowiednim ustawieniu bitów konfiguracyjnych (**rysunek 5**). Najlepiej skorzystać z pliku \*.elf, zaznaczając eeprom i fuses (**rysunek 6**). Teraz pozostaje, przy użyciu przewodów, połączyć płytkę dekodera z płytką wtyku NEM652 i umieścić dekodery w lokomotywie lub stanowisku testowym.

**Obsługa**

W dekodery wprowadzono sporo zmian. Wszystkie zostaną opisane przy okazji omawiania sposobu konfigurowania dekodera za pomocą rejestrów CV. Ich opis zamieszczono w **tabeli 1**. Kolorem czerwonym wyróż-

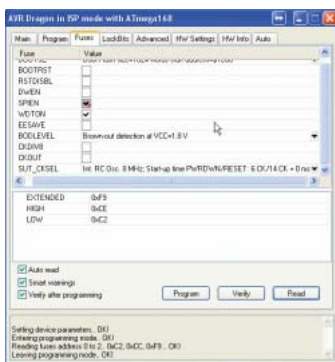


Rysunek 4. Schemat montażowy dekodera DCC

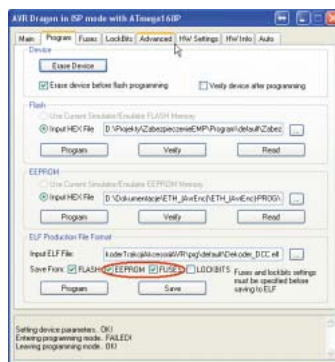
Tabela 1. c.d.

CV	Nazwa	Zakres wartości	Wartość domyślna	Opis
9	Częstotliwość PWM Dla mikrokontrolera AtTiny85	0...255	2	PWM dla prędkości podstawowej (bity b0..b3): 0...2=125 Hz, 3=250 Hz, 4=500 Hz, 5=1 kHz, 6=2 kHz, 7=4 kHz, 8=8 kHz, 9...10=15 kHz. PWM dla małej prędkości (bity b4..b5): 0 (+0) – 125 Hz, 1 (+16) – 250 Hz, 2 (+32) – 500 Hz, 3 (+48) – 1 kHz.
9	Częstotliwość PWM'a Dla AtTiny oraz AtMega	0...255	2	Próg zmiany ze startowej wartości PWM (bity b4..b5) na wartość podstawową (bity b0..b3): 00 (+0) – zawsze podstawowa (PWM z bitów b0..b3), 01 (+64) – 12%, 10 (+128) – 24%, 11 (+192) – 36%. Prędkość w krokach (tryb 26) przy której następuje zmiana trybu pracy PWM: SlowPwm FastPwm Próg 1 0..1 2..28 Próg 2 0..4 5..28 Próg 3 0..8 9..25 Prędkość w krokach (tryb 126) przy której następuje zmiana trybu pracy PWM-a SlowPwm FastPwm Próg 1 0...15 16..126 Próg 2 0.. 31 32..126 Próg 3 0.. 47 48..126
9	wypełnienie PWM'a (jasność lamp) dla dekodera oświetlenia	0...255	100	Wypełnienie PWM (jasność lamp w przedziałach)
10	Wypełnienie PWM'a (jasność lamp) dla dekodera oświetlenia	0...255	100	Wypełnienie PWM (jasność lamp w przedziałach)
11	TimeOut	0...255	100	CV11 - czas (w ms) od braku transmisji do wyłączenia silnika lub przejścia na jazdę analogową, np.: CV11=127 tj. czas: 0,001 s×127=127 ms To czy silnik się zatrzyma, czy będzie jazda analogowa zależy od CV29.
12	Wypełnienie PWM'a (jasność lamp) dla dekodera oświetlenia	0...255	20	Wypełnienie PWM (jasność lamp końca składu)
17 18	rozszerzony adres dekodera	100...9999	100	Adres rozszerzony dekodera: CV17=starsza część adresu, CV18=młodsza część adresu. Na przykład ustawiamy adres 700: 700/256=2 reszty 188 CV18=2 CV17=188 Rejestry są aktywne tylko, gdy jest ustawiony bit 5 w CV29.
24	jazda manewrowa	0...255	14	b0, b1 - aktywacja jazdy manewrowej funkcją: 00 (+0) – brak jazdy manewrowej, 01 (+1) – F3, 10 (+2) – F4, 11 (+3) – F5, b2 (+4) – włączenie jazdy ze zmniejszoną prędkością (CV25), b3 (+8) – równoczesne włączenie świateł przednich i tylnych, b4.b5 – wyjście blokujące czerwone światła: 00 (+0) – brak blokady, 01 (+16) – F1, 10 (+32) – F2, 11 (+48) – F3, b6 (+64) – blokada ARP (ABC) w trybie manewrowym, b7 (+128) – wyłączenie w trybie manewrowym przyspieszania i zwalniania (CV3 i CV4)..
25	Maksymalne napięcie na silniku podczas jazdy manewrowej	0...160	60	Maksymalne napięcie podczas jazdy manewrowej (w 100 mV, jak dla CV2 i CV5). Jeśli ustawimy CV25 na wartość większą niż ustawioną w CV5, to rejestr CV5 przyjmie wartość CV5.
27	Automatyczna Regulacja Prędkości. Funkcjonalny odpowiednik ABC	0...7	3	Konfiguracja ARP: Bit0 (+1)=1 – zatrzymanie, gdy odchyłka dodatnia i jedzie do przodu. Bit1 (+2)=1 – zatrzymanie, gdy odchyłka ujemna i jedzie do tyłu. Bit2 (+4)= 1 – zmienia reakcję na kierunek. W nowej wersji wykorzystuje się rozdzielczość 10-bitową, a nie jak wcześniej 8-bitową.

CV	Nazwa	Zakres wartości	Wartość domyślna	Opis
29	Konfiguracja dekodera	0...255	2	Konfigurowanie dekodera: Bit0 (+1)=0 – DIR normal, 1 – DIR reversed (zamienione kierunki jazdy). Bit1 (+2)=0 – 14 kroków, 1 – 28 kroków. Bit2 (+4)=0 – tylko DCC (brak transmisji to stop), 1 – jazda analogowa możliwa (gdy brak transmisji). Bit5 (+32)= 0 – adres 1-bajtowy, 1 – adres rozszerzony.
30	czas rozświetlania świateł	1...31	2	Czas rozświetlania świateł równy: $CV30 \times CV40 \times 1 \text{ ms}/4$ np: dla: CV30=16 i CV40=255: $1 \times 255 \times 1 \text{ ms}/4 = 1 \text{ s}$ .
31	czas wygaszania świateł	1...31	8	Reguły jak wyżej.
40	Napięcia na wyjściach funkcyjnych	0...160	120	CV40 - napięcie na wyjściu świateł przednich w setkach mV (jak CV2, 5).
41				CV41 - napięcie na wyjściu światła tylnego.
42				CV42 - napięcie na wyjściu F1.
43				CV43 - napięcie na wyjściu F2.
71	Rejestry konfigurujące wyjścia funkcyjne (mapowanie)	0...28	1	Rejestr mapowania umożliwia przypisanie wybranego wyjścia (F0, F1..F5) do klawisza funkcyjnego F1...F28). Przykład: CV71=1 – wyjście 1 kontrolowane funkcją F1. CV72=3 – wyjście 2 kontrolowane funkcją F3. CV73=0 – wyjście 3 wyłączone.
72	j.w.	j.w.	2	j.w.
73	j.w.	j.w.	3	j.w.
74	j.w.	j.w.	4	j.w.
75	j.w.	j.w.	5	j.w.
134	Poziom aktywowania ARP (Automatyczna Regulacja Prędkości), funkcjonalny odpowiednik ABC	0...31	10	Poziom sygnału, po którym nastąpi zatrzymanie lokomotywy przy asymetrii na szynach. Sposób konfigurowania: - W trybie PoM, na odcinku bez asymetrii, zmniejszać jego wartość, aż lokomotywa zacznie ruszać (warto przedtem wpisać w CV3 i CV4 wartość 0), zapamiętać tę wartość. - Następnie na odcinku z asymetrią zwiększać wartość rejestru aż lokomotywa ruszy, zapamiętać wartość. - Dodać do siebie obie wartości po czym podzielić przez 2. Wyliczoną wartość wpisać do rejestru. Wartość 20 jest optymalna dla rozwiązania z 5 diodami, a 8 dla rozwiązania z 4 diodami.



Rysunek 5. Ustawienie ważniejszych fusebitów



Rysunek 6. Opcje zaznaczane przy programowaniu za pomocą pliku elf

niono rejestry dostępne tylko w dekodrze z mikrokontrolerem Atmega168. Kolorem żółtym wyróżniono rejestry dostępne tylko w dekodrze oświetlenia.

Aktualnie program zajmuje niecałe 8 kB pamięci Flash. Wystarczyłby więc procesor Atmega88, ale mając na uwadze fakt, że oprogramowanie jest przez cały czas rozwijane, dekodery wyposażono w mikrokontroler Atmega168.

**Sławomir Skrzyński, EP**