

## **barmal X1/X2/X4**

### **Sterownik dedykowany dla bezszczotkowych silników BLDC z komutacją sinusoidalną i regulacją pola (Sinus FOC + SVPWM)** **Sterownik współpracuje z silnikami wyposażonymi w 3 x cyfrowe hallotrony, 60°/120°.**

#### **Dane techniczne:**

Czujnik położenia:	cyfrowy czujnik Halla (60°/120°)*.
Napięcie X1:	24V – 45V (10s Lixx).
Napięcie X2/X4:	24V – 85V (20s Lixx).
Moc ciągła:	X1 ~ 250..500W**, X2 ~ 2500W**, X4 ~ 4000W**.
Prąd aku X1:	24-45V – 12A**.
Prąd fazy X1:	24-45V – 35A**.
Prąd aku X2:	24-48V – 50A, 48V-85V – 40A**.
Prąd fazy X2:	24-48V – 100A, 48V-85V – 80A**.
Prąd aku X4:	24-48V – 80A, 48V-85V – 60A**.
Prąd fazy X4:	24-48V – 180A, 48V-85V – 120A**.
Własny pobór prądu:	30-40mA.
Komutacja:	Sinus / FOC (Field Oriented Control), SVM.
Napięcie X1:	45V max.
Napięcie X2/X4:	88V max.
Wymiary PCB (X1):	96 x 52 mm (Multilayer).
Wymiary PCB (X2):	119 x 88 mm (Multilayer).
Wymiary z obudową (X2):	124 x 94 x 32 mm (Alu).
Wymiary PCB (X4):	158 x 88 mm (Multilayer).
Wymiary z obudową (X4):	164 x 94 x 32 mm (Alu).
Waga PCB, bez obudowy (X2):	206g.
Waga PCB, bez obudowy (X4):	282g.
Komunikacja ze Smartfonem:	Bluetooth. Klasa 2 do 10m. Aplikacja Android.
Update:	tak, Bluetooth/PC***.
Złącza, we/wy:	0...5V dla zadajnika prędkości (z możliwością dopasowania) 0...5V dla zadajnika hamulca (z możliwością dopasowania) Wejście 1: Boost (w przygotowaniu). Zwierany do masy. Wejście 2: Tempomat. Zwierany do masy. Wejście 3: Profil jazdy. Zwierany do masy. Wejście PAS V5, tarcza 5 magnesów. Wyjście: impuls sensor Halla, Open Emiter 5V/10mA Wyjście 5V (X25 dla „barmal X2/X4”): 5V/120mA Hall sensor A***** Hall sensor B***** Hall sensor C***** X18(dla X2): Zworka odłączająca zasilanie części logicznej sterownika wraz z wewnętrznym zasilaczem. UWAGA! Zworka nie rozłącza zasilania tranzystorów mocy! X19(dla X2): Złącze zasilania, np. dla CA. Na złączce występuje napięcie zasilania! X24(dla X2): Złącze dla czujnika temperatury (KTY81/110 lub NTC 10k)

## barmal X1/X2/X4

\* Oba tryby przesunięcia sensorów różnią się w stanach logicznych. Tabela stanów dla 60° i 120° przesunięcia sensorów dla jednego obrotu elektrycznego:

60°			120°		
HA	HB	HC	HA	HB	HC
1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	1

\*\* przy temperaturze 21°C oraz zapewnieniu odpowiedniego chłodzenia!

\*\*\* Kontroler jest wyposażony w Bootloadera, który umożliwia szybką i komfortową aktualizację programu głównego przez magistralę Bluetooth.

Ze względu na złożoność budowy oraz gęstości upakowania części na PCB konieczne jest zapewnienie odpowiedniego chłodzenia elektroniki / obudowy przy prądach powyżej 3A dla X1 oraz 20A dla X2/X4 przy których w zależności od obrotów oraz obciążenia silnika występują prądy fazowe powyżej 100A! Montaż sterownika w obudowie powinien zapewniać swobodny przepływ powietrza. Przy montażu sterownika w skrzynce np. z akumulatorami, za względu na brak odpowiedniego chłodzenia należy ograniczyć prąd i zamontować go bez obudowy tak aby zapewnić najlepsze chłodzenie całej elektroniki łącznie z płytką PCB i kondensatorami. Również ze względu na występujące wysokie prądy / napięcia w trybie rekuperacji konieczne jest zapewnienie przepływu prądu zwrotnego w kierunku akumulatora (np. przy zastosowaniu akumulatorów LiPo / LiFePo4 lub innych z zastosowaniem elektronicznych balanserów). W innym wypadku może dojść do uszkodzenia elektroniki.

**!!! Uwaga !!!**

**Niebezpieczeństwo!**

**Użytek elektroniki na własną odpowiedzialność!**

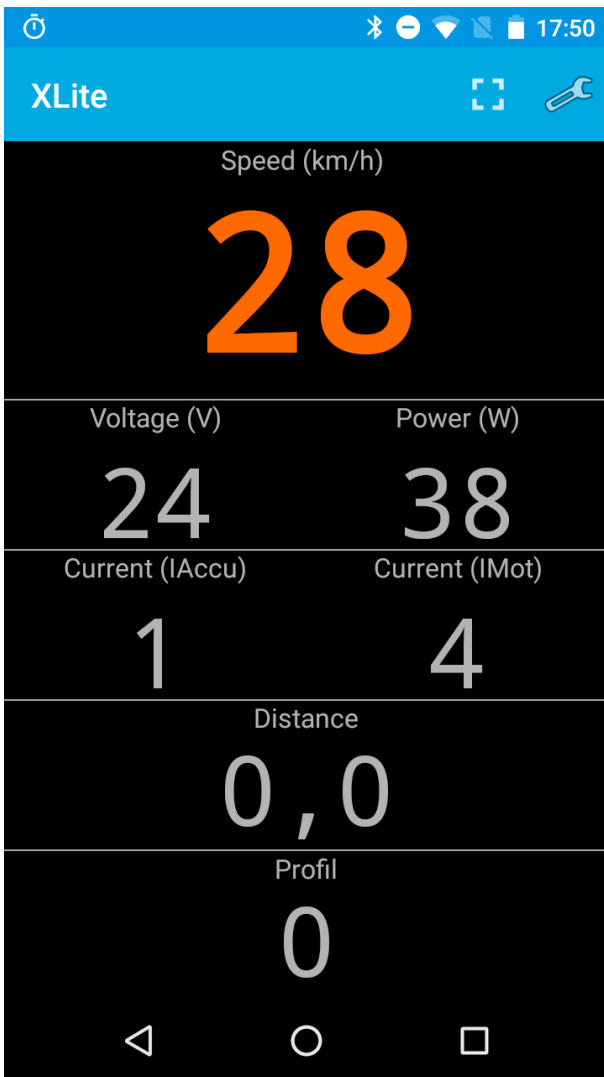
**Używać tylko z dopasowanymi bezpiecznikami!**

**Przed użyciem proszę zapoznać się z instrukcją obsługi!**

**Przy pierwszym uruchomieniu konieczne jest zastosowanie zasilacza / źródła prądu z ograniczeniem do max. 3A.**

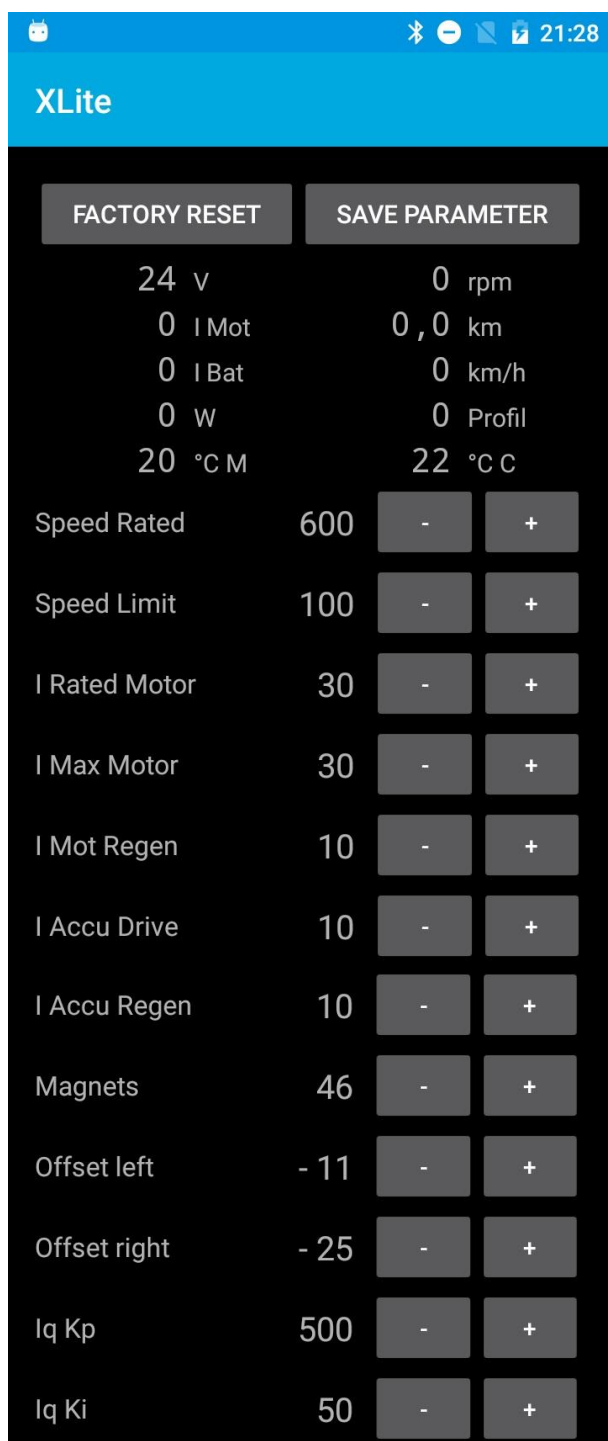
**Jest to szczególnie konieczne podczas dopasowania nowego silnika, gdzie nie jest wiadoma konfiguracja sensorów z fazami.**

**Aplikacja Androida. Ekran licznika:**



**Opcje:**

- ⇒ Pełen ekran oraz przejście w tryb parametryzacji.
- ⇒ Prędkość w km/h
- ⇒ Napięcie aku, aktualnie pobierana moc.
- ⇒ Prąd aku, prąd silnika (fazy)
- ⇒ Pokonany dystans w km. Po wyłączeniu sterownika dystans zostaje wyzerowany.
- ⇒ Profil jazdy w którym aktualnie się sterownik znajduje. Możliwe stany: 0,1,2,3. Po włączeniu sterownik przywraca stan 0 jako domyślny.



## Ekran parametryzacji:

- ⇒ Ustawienia fabryczne, zapisz parametry
- ⇒ Napięcie aku, obroty silnika
- ⇒ Prąd silnika, dystans
- ⇒ Prąd aku, prędkość w km/h
- ⇒ Moc, profil
- ⇒ Temperatura silnika (M), sterownika (C), w °C
- ⇒ Maksymalnie możliwe obroty silnika przy danym napięciu
- ⇒ Limit obrotów silnika w procentach.
- ⇒ Znamionowy prąd silnika.
- ⇒ Maksymalny (w przeciążeniu) prąd silnika. Funkcja  $I^2t$
- ⇒ Prąd regeneracyjny silnika.
- ⇒ Maksymalny prąd aku.
- ⇒ Prąd regeneracyjny aku.
- ⇒ Ilość magnesów w wirniku.
- ⇒ Offset kąta.
- ⇒ Offset kąta.
- ⇒ Parametr Kp (proporcjonal) regulatora prądu momentu Iq.
- ⇒ Parametr Ki (integral) regulatora prądu momentu Iq.

## barmal X1/X2/X4

Id Kp	500	-	+
Id Ki	50	-	+
HV cut off	50	-	+
LV cut off	20	-	+
Throttle max	87	-	+
Throttle min	20	-	+
Stalled off	0	-	+
Motor °C	80	-	+
Temp Sensor	NTC	-	+
Wheel size	207	-	+
Throttle del	1	+/-	
Hall Change	0	+/-	
Set Profil	0	+/-	
Set Direction	0	+/-	
Set Brake	1	+/-	

<
○
□

⇒ Parametr Kp (proporcjonal) regulatora prądu pola Id.

⇒ Parametr Ki (integral) regulatora prądu momentu Id.

⇒ Górna granica odcięcia napięcia aku.

⇒ Dolna granica odcięcia napięcia aku.

⇒ Górna granica napięcia manetki w %. 0..5V => 0..100%

⇒ Dolna granica napięcia manetki w %. 0..5V => 0..100%

⇒ Czas w ms do odłączenia silnika po zablokowaniu.

⇒ Górna granica temperatury silnika.

⇒ Wybór czujnika temperatury (NTC lub KTY).

⇒ Obwód koła w centymetrach.

⇒ Opóźnienie reakcji silnika na ruch manetką.

⇒ Programowa zmiana kolejności sensorów Halla.

⇒ Zmiana profilu do zaprogramowania.

⇒ Zmiana kierunku obrotów.

⇒ Zmiana trybu hamulca.

**Wyjaśnienie parametrów:**

- **Speed Rated:** tu należy ustwić maksymalne obroty jakie silnik może uzyskać przy przyłożonym napięciu. Należy uwzględnić maksymalne napięcie baterii. Przy nominalnym napięciu akumulatora 14s silnik obraca się 500rpm. Jednak maksymalne napięcie jakie w takiej konfiguracji może wystąpić to 58,8V. Obroty silnika przy takim napięciu wzrosną do 583rpm. Dlatego też ustawiamy 600rpm.
- **Speed Limit:** procentowe ograniczenie obrotów silnika w stosunku do obrotów maksymalnych.
- **I Rated Motor:** nominalny prąd silnika. Granica prądu znamionowego, do której silnik może pracować w trybie ciągłym (S1). Według noty katalogowej producenta.
- **I Max Motor (Amp):** maksymalna granica prądu silnika. Maksymalny prąd przeciążenia dopuszczony przez sterownik w funkcji czasu. Obie wartości: **I Rated Motor** oraz **I Max Motor** pozwalają na chwilowe przeciążenie silnika prądem większym niż znamionowy i stanowią rozszerzenie zwykłej funkcji ograniczenia prądu, pozwalając na krótkotrwałe przeciążenie z dynamicznym ograniczeniem maksymalnej granicy powyżej prądu znamionowego. Przykładowo ustawiony prąd znamionowy 40A i prąd maksymalny 60A. Silnik w takiej konfiguracji może osiągnąć maksymalny prąd fazy 60A. Jednak po przekroczeniu granicy prądu 40A sterownik zacznie powoli ograniczać maksymalną granicę z 60A aż po czasie x dojdzie do granicy prądu nominalnego, zapobiegając termicznemu uszkodzeniu uzwojenia. Im większa różnica między prądem maksymalnym i nominalnym tym szybciej prąd zostanie ograniczony. Po zmniejszeniu prądu poniżej nominalnego, sterownik zaczyna powoli „otwierać” ograniczenie, które po czasie x dojdzie ponownie do maksymalnej granicy.
- **I Motor Regen:** maksymalna granica prądu wstecznego (regen) fazy silnika.
- **I Accu Drive:** maksymalny prąd pobierany z akumulatora.
- **I Accu Regen:** maksymalna granica prądu wstecznego (regen) baterii.
- **Magnets:** Ilość magnesów wirnika, 4 do 60. Tu należy wpisać ilość magnesów znajdujących się w wirniku. Informacja ta jest konieczna dla prawidłowej pracy sterownika.
- **Phase offset left / right (offset kąta):**  
Ze względu na występujące mechaniczne tolerancje przy montażu sensorów w silnikach została zaimplementowana funkcja przesunięcia fazy. Pozwala on na korektę błędów podczas montażu sensorów jak i wyzerowania położenia wirnika w stosunku do stojana dla uzyskania identycznych obrotów w obu kierunkach. Za pomocą przesunięcia fazy jest możliwa korekta / dopasowanie silnika do własnych potrzeb jak również wybór „preferowanego kierunku”, co oznacza, że silnik poprzez przesunięcie fazy uzyskuje niewielki wzrost momentu obrotowego czy obrotów. Korekta jest zdefiniowana w stopniach dla wartości -60 do 60°.

Jako że nie ma ogólnej „recepty” na idealne przesunięcie kąta, korekta musi zostać wykonana ręcznie i empirycznie dobrana do danego typu silnika. Zasada jednak jest taka, że należy tak długo stopniowo przesuwać kąt aż silnik w obu kierunkach zacznie się obracać z taką samą prędkością przy takim samym i minimalnym prądzie w biegu jałowym. Wówczas można wyjść z założenia, że została znaleziona tzw. pozycja zerowa silnika. W tym celu konieczna jest redukcja komponentu prądu Id (Field) (Id Ki oraz IdKp) regulatora prądu pola. Pozostawiając

## barmal X1/X2/X4

komponent prądu  $I_d$  (Field) ( $I_d$  Ki oraz  $I_d$ Kp) w wartości większej niż 1 regulator będzie samoczynnie próbował dopasować położenie wirnika, co skutkować będzie przekłamaniem wartości oraz niepoprawną pracą silnika.

- **$I_q$  Kp** parametr P regulatora prądu  $I_q$ , odpowiedzialnego za moment obrotowy.
- **$I_q$  Ki** parametr I regulatora prądu  $I_q$ , odpowiedzialnego za moment obrotowy.
- **$I_d$  Kp** parametr P regulatora prądu  $I_d$ , odpowiedzialnego pole.
- **$I_d$  Ki** parametr P regulatora prądu  $I_d$ , odpowiedzialnego pole.
- **HV(oltage) cut off:** odcięcie sterownika po osiągnięciu górnej granicy napięcia akumulatora.
- **LV(oltage) cut off:** odcięcie sterownika po osiągnięciu dolnej granicy napięcia akumulatora.
- **Throttle Min / Max (V):**  
Ta funkcja pozwala na dopasowanie napięcia zadajnika do wejścia kontrolera. Kontroler posiada analogowe wejście dla zadajnika prędkości o wartości 0...5V (0...100%) oraz hamulca regeneracyjnego. Funkcja ta działa dla obu wejść: Manetki gazu oraz hamulca regeneracyjnego.  
Jedynie niektóre zadajniki/manetki są w stanie takie napięcie podać (Magura). Z reguły jednak podawane napięcia przez manetki wahają się w przedziale między 1 a 4 Volt co w efekcie powodowałoby kręcenie się silnika przy jałowej pozycji manetki. W tym celu sterownik został wyposażony w opcję dopasowania napięcia manetki do wartości, która pozwala na wykorzystanie danego napięcia (1...4 V, dla przykładu) w zakresie 0...100%.  
Dopasowanie napięcia manetki:  
**Założeniem w poniższym opisie jest: silnik jest dopasowany wcześniej do sterownika!**  
Jeżeli nie posiadamy miernika napięcia należy podłączyć manetkę według schematu. Włączyć sterownik, silnik powinien zacząć się obracać. Poprzez program sterujący podwyższyć „Umin” krok po kroku aż silnik przestanie się obracać. Górną granicę napięcia ustawiamy za pomocą „Umax”. Po każdorazowej zmianie wartości konieczne jest zapisanie wartości przez program sterujący.

Schematyczne, możliwe położenie napięcia:

Przed zmianą:

V	=>	0-----1----- 4 -----5
%	=>	0-----100

Po zmianie

V	=>	0-----1----- 4 -----5
%	=>	----- 0 ----- 100 -----

- **Stalled off:** czas w milisekundach po którym sterownik odłączy silnik po zablokowaniu.
- **Motor °C:** Górna granica temperatury silnika. Tu ustawiamy granicę temperatury, po przekroczeniu której sterownik odłączy silnik.

## barmal X1/X2/X4

- **Temp Sensor:** Wybór czujnika temperatury. Możliwe typy: NTC 10kOhm, KTY81-110.
- **Wheel size:** Obwód koła w centymetrach. Wartość konieczna do poprawnego obliczenia prędkości oraz odległości.
- **Throttle delay:** Opóźnienie reakcji silnika na ruch manetką.

- **Hall Change:**

**W wersji programu bez autonauki.**

Pół-automatyczne dopasowanie hallotronów z silnikiem. Przy pomocy tej funkcji można programowo zmienić/dopasować kolejność czujników Halla, bez konieczności zmiany w okablowaniu.

Ta funkcja umożliwia / ułatwia szybką i komfortową konfigurację silnika ze sterownikiem, gdzie nie jest znana kolejność podłączenia czujników Halla do faz silnika.

Zastosowanie: przewody faz silnika (3 grube przewody) podłączyć do wyjścia sterownika PhA, PhB, PhC oraz sygnału czujników do wejścia HA, HB, HC (3 cienkie przewody). Zasilanie (5V) hallotronów (kable czerwony, dla plusa i najczęściej czarny, dla minusa) połączyć ze sterownikiem 5V oraz Gnd. Kolejność (także kolorystyczna) połączenia 3 przewodów faz oraz 3 przewodów sygnałowych czujników halla jest przy tym bez znaczenia.

Manetka powinna być podłączona i napięcie na niej dopasowane do sterownika za pomocą przycisków „**Throttle max**” oraz „**Throttle min.**” (patrz: **Ręczne dopasowanie**)

Włączyć silnik, manetkę odkręcić na tyle aby silnik zaczął / wykazał ruch, ale nie pobierał więcej prądu niż 2...3A. Jeżeli silnik się nie kręci lub drga, należy naciskać przycisk „**Hall Change**” aż silnik zacznie się kręcić. Dopasowanie finalne należy wykonać za pomocą przycisków: **Phase offset left / right** (offset kąta) tak aby silnik zaczął płynnie oraz cicho pracować, nie pobierając przy tym zbyt dużego prądu (mniej niż 1-2A).

**W wersji programu z autonauką.**

Zastosowanie: przewody faz silnika (3 grube przewody) podłączyć do wyjścia sterownika PhA, PhB, PhC oraz sygnału czujników do wejścia HA, HB, HC (3 cienkie przewody). Zasilanie (5V) hallotronów (kable czerwony, dla plusa i najczęściej czarny, dla minusa) połączyć ze sterownikiem 5V oraz Gnd. Kolejność (także kolorystyczna) połączenia 3 przewodów faz oraz 3 przewodów sygnałowych czujników halla jest przy tym bez znaczenia.

Aktywacja automatycznej konfiguracji silnika po ustawieniu „Hall Change” na wartość 1 i zapisaniu. Po zapisaniu sterownik zaczyna dopasowanie sensorów do faz powoli kręcąc wirnikiem. Po zakończeniu silnik zatrzymuje się i dopiero po zatrzymaniu należy zapisać parametry. Parametrem „I Accu Drive” można zwiększyć prąd fazy. Wartość 10...15 skutkuje stosunkowo dobrą dokładnością pomiaru. Po zakończeniu sanonauki należy sprawdzić offsety dla obu kierunków i ewentualnie je dopasować. Przy tym parametry IdKi oraz IdKp powinny być wyzerowane a po dopasowaniu ustawić je ponownie na wartości odpowiednio 500-600 i 50-60.

- **Set Profil:** Funkcja ta jest ściśle związana z funkcją PAS oraz przyciskiem zmiany profilu jazdy w sterowniku!

Do dyspozycji mamy wartości od 0 do 7.

- ⇒ 0 PAS nieaktywny
- ⇒ 1 PAS nieaktywny
- ⇒ 2 PAS nieaktywny
- ⇒ 3 PAS nieaktywny
- ⇒ 4 PAS włączony i aktywny w profilu 0



## **barmal X1/X2/X4**

- ⇒ 5 PAS włączony i aktywny w profilu 1
- ⇒ 6 PAS włączony i aktywny w profilu 2
- ⇒ 7 PAS włączony i aktywny w profilu 3

Dla każdego profilu niezależnie można zmienić następujące parametry:

- ⇒ limit obrotów w procentach,
- ⇒ prąd jazdy silnika (fazy) znamionowy,
- ⇒ prąd jazdy silnika (fazy) max,
- ⇒ prąd regen silnika (fazy),
- ⇒ prąd jazdy aku,
- ⇒ prąd regen aku,

### **Programowanie profilu jazdy bez zastosowania czujnika PAS:**

Czujnik PAS jest przy wartości 0, 1, 2, 3 nieaktywny.

Po włączeniu sterownik startuje w profilu domyślnym (**Ekran licznika**): 0.

Aby zmienić dla przykładu parametry w profilu 1 należy zmienić w aplikacji przyciskiem „Set Profil” na 1 i ustawić np. limit obrotów na 80 i zapisać.

Po resecie sterownik ponownie startuje w profilu domyślnym = 0. Silnik obraca się z maksymalnymi obrotami. W celu sprawdzenia zwieramy w sterowniku wejście 3 do masy. Po tym sterownik przechodzi z profilu 0 na 1. Tym samym obroty silnika zostają zredukowane do ustawionych 80%.

Dla innych parametrów postępujemy analogicznie.

### **Programowanie profilu jazdy z zastosowaniem czujnika PAS:**

Czujnik PAS jest aktywny przy wartościach 4, 5, 6 oraz 7. Przy czym dla wartości

4 czujnik PAS jest aktywny jedynie w profilu jazdy 0,

5 czujnik PAS jest aktywny jedynie w profilu jazdy 1,

6 czujnik PAS jest aktywny jedynie w profilu jazdy 2,

7 czujnik PAS jest aktywny jedynie w profilu jazdy 3,

Po włączeniu sterownik startuje w profilu domyślnym (**Ekran licznika**): 0.

Aby aktywować czujnik PAS dla przykładu w profilu 0 należy zmienić w aplikacji przyciskiem „Set Profil” wartość na 4, ustawić np. limit obrotów na 80 i zapisać.

Po resecie sterownik startuje z profilem domyślnym = 0, silnik po przekręceniu manetki nie obraca się. Aby uaktywnić silnik konieczne jest podłączenie czujnika PAS do wejścia w sterowniku i zakręcenie korbą. Po wykryciu przez sterownik ruchu na wejściu PAS zostaje zwolniona manetka i silnik zaczyna się po jej odkręceniu obracać ze zredukowanymi do 80% obrotami.

Zwierając w sterowniku wejście 3 do masy, sterownik przechodzi z profilu 0 w 1. W tym profilu czujnik PAS jest nieaktywny i tym samym aby uaktywnić silnik nie jest konieczne obracanie korbą. Analogicznie jest dla profili 2 oraz 3.

- **Set Direction:** zmiana kierunku obrotów silnika (lewy / prawy)
- **Set Brake: (Stany 0, 1).** Hamulec regeneracyjny podłączany jest do oddzielnego wejścia w sterowniku „Brake (Gnd 0..5V +5V)”. Zasada działania jest analogiczna do manetki gazu i można używać tego wejścia również jako włącznik, zwierając wejście (środkowy pin, 0..5V) do +5V albo też płynnie w przedziale napięć od 0...5V (np. przez potencjometr/klamkę hamulca z analogowym czujnikiem Halla).

**Nie należy używać innego napięcia czy sygnału Gnd niż z wejścia hamulca!**

## **barmal X1/X2/X4**

Wejście hamulca jest oznaczone na sterowniku „barmal X2” jako „Brake (Gnd 0..5V +5V)”. Lewy Pin jest Gnd(X17), prawy +5V(X15), środkowy(X16) zaś przyjmuje napięcie od 0 do +5V i w tym przedziale silnik hamuje odpowiednio do podanego napięcia.

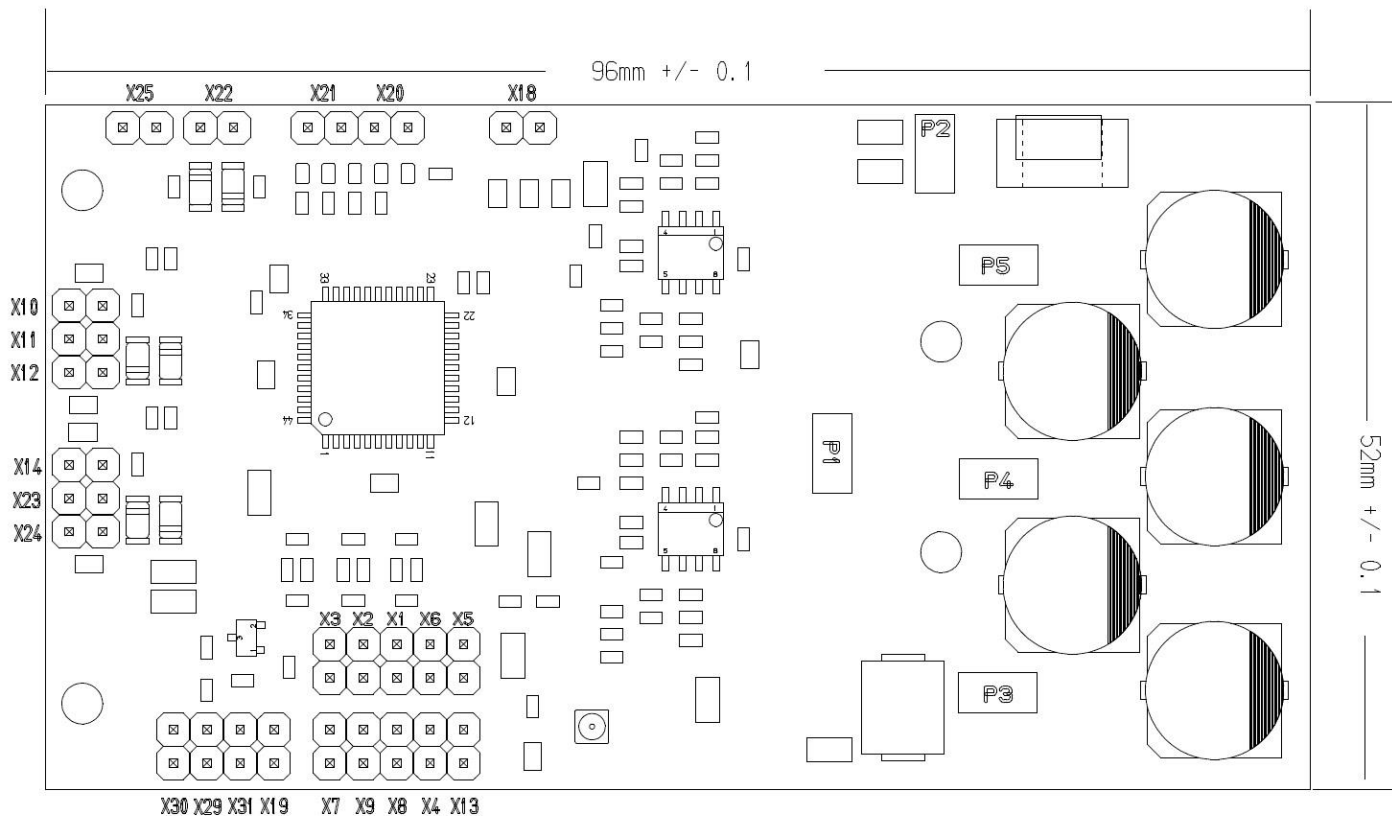
Możliwe są 2 stany:

Przy **stanie 0** hamulec regeneracyjny jest aktywowany wejściem „Brake” w sterowniku i hamuje wcześniej zaprogramowanym prądem.

Przy **stanie 1** hamulec jest sprzężony z manetką i silnik hamuje ustawionym prądem po ustawieniu manetki gazu do stanu spoczynkowego.

## barmal X1/X2/X4

### Hardware „barmal X1”:



**P1** => Zasilanie V+ 24...45V.

**P2** => Gnd.

**P3, 4, 5** => Fazy silnika.

**X25** => Czujnik temperatury silnika (pin lewy Gnd, pin prawy-sygnał),

**X22** => Zworka zasilania modułu Bluetooth,

**X18** => opcjonalna zworka przerywania zasilania części logicznej sterownika,

**X10** => **Hamulec regeneracyjny, Gnd**, (pin lewy i prawy)

**X11** => Hamulec regeneracyjny, Sygnał 0...5V, (pin lewy i prawy)

**X12** => **Hamulec regeneracyjny, +5V**, (pin lewy i prawy)

**X14** => **Manetka, +5V**, (pin lewy i prawy)

**X23** => Manetka, Sygnał 0...5V, (pin lewy i prawy)

**X24** => **Manetka, Gnd**, (pin lewy i prawy)

**X30** => PAS, sygnał (0/5V), (pin górny i dolny)

**X29** => PAS, +5V, (pin górny i dolny)

**X31** => PAS, Gnd, (pin górny i dolny)

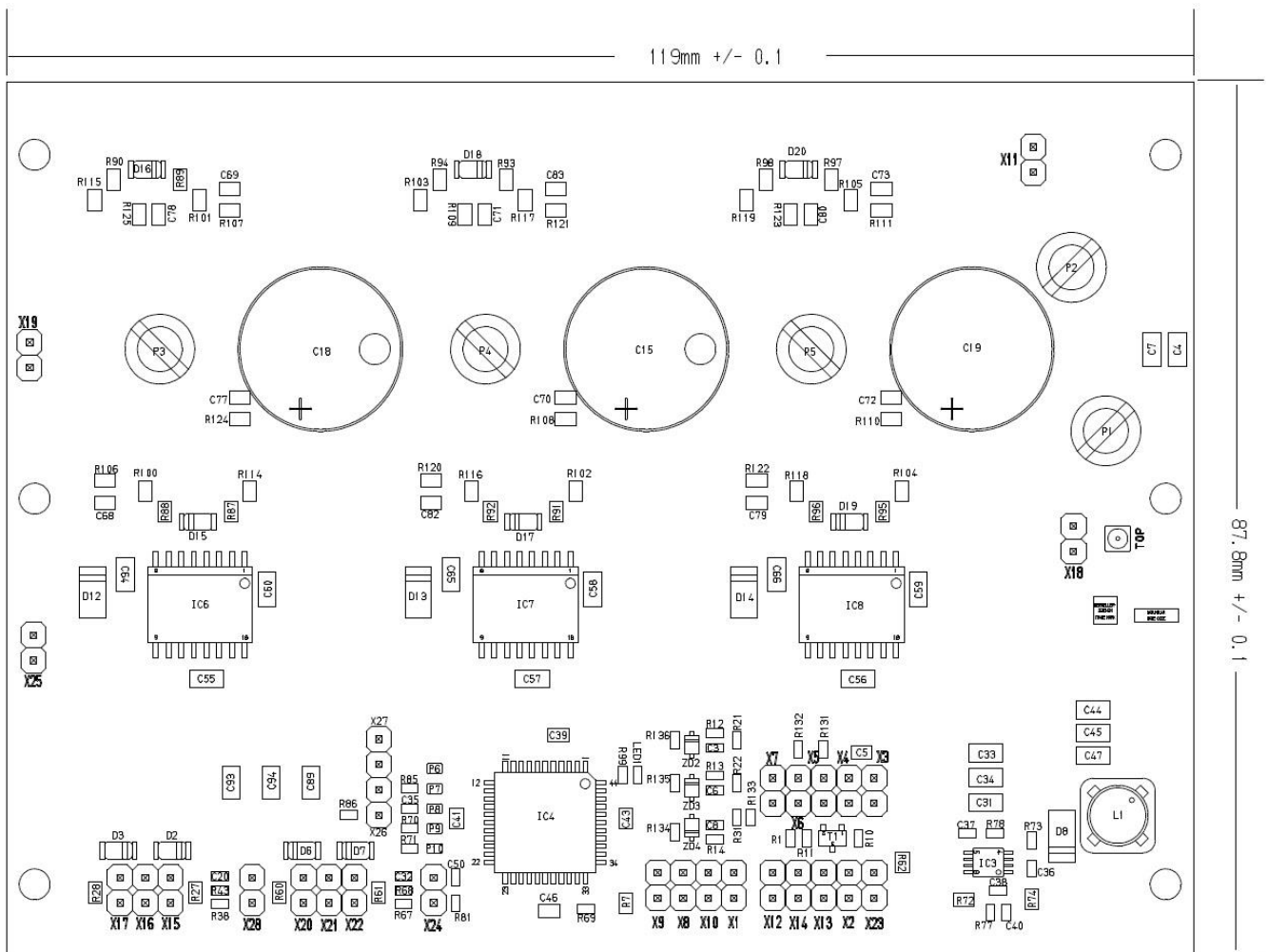
**X19** => Sygnał z czujnika Halla, +5V=> Pin górny, Gnd => Pin dolny,

## **barmal X1/X2/X4**

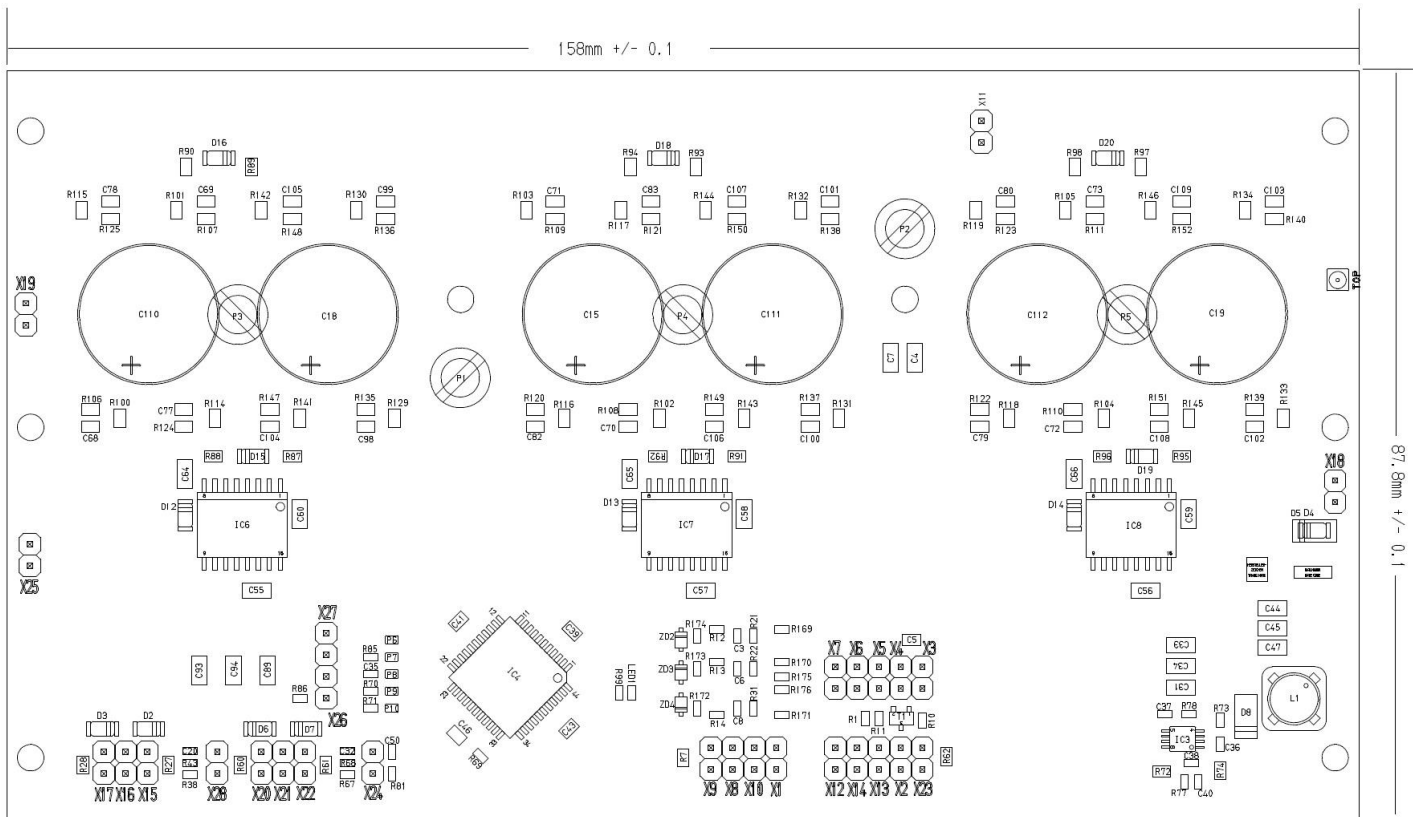
- X7** => Booster, zwierany do masy (Gnd), (pin górny i dolny)
- X9** => Tempomat, zwierany do masy (Gnd), (pin górny i dolny)
- X8** => Profil, zwierany do masy (Gnd), (pin górny i dolny)
- X4** => Gnd,
- X13** => +12V/5mA,
  
- X3** => Hall C, (pin górny i dolny)
- X2** => Hall B, (pin górny i dolny)
- X1** => Hall A, (pin górny i dolny)
- X6** => Gnd, (pin górny i dolny)
- X5** => +5V, (pin górny i dolny)

## barmal X1/X2/X4

### Hardware „barmal X2/X4” bez JST:



## barmal X1/X2/X4



### Oznaczenia pinów:

X19: dodatkowe wyjście zasilania dla zewnętrznych urządzeń. **!UWAGA! Napięcie takie same jak zasilanie sterownika!**

X25: wyjście 5V/120mA z dodatkowej przetwornicy dla zewnętrznych urządzeń. Pin górny: Gnd. Pin dolny +5V

X17, X16, X15: (pin górny i dolny) wejście hamulca. X17: Gnd, X16: Sygnał 0...5V, X15: +5V

X20, X21, X22: (pin górny i dolny) wejście manetki gazu. X20: +5V, X21: Sygnał 0...5V, X22: Gnd

X28: złączka odłączająca zasilanie modułu Bluetooth.

X24: wejście czujnika temperatury (KTY81-110)

X9, X8, X10: wejście PAS. X9-sygnał z czujnika PAS, X8-PAS +, X9- PAS –

X1: górny pin: impuls z czujnika Halla, dolny pin: Gnd. Poziom 5V, przez tranzystor.

X12 (1): Booster (pin górny i dolny)

X14 (2): Tempomat (pin górny i dolny)

X13 (3): Profil (pin górny i dolny)

X2: Gnd (pin górny i dolny)

X23: +12V, 5mA (pin górny i dolny)

## **barmal X1/X2/X4**

X7: czujnik Halla A (pin górny i dolny)

X6: czujnik Halla B (pin górny i dolny)

X5: czujnik Halla C (pin górny i dolny)

X4: Gnd sensorów

X3: zasilanie sensorów

X18: złączka odłączająca zasilanie części logicznej sterownika

### **Funkcje na wejściu 1, 2, 3:**

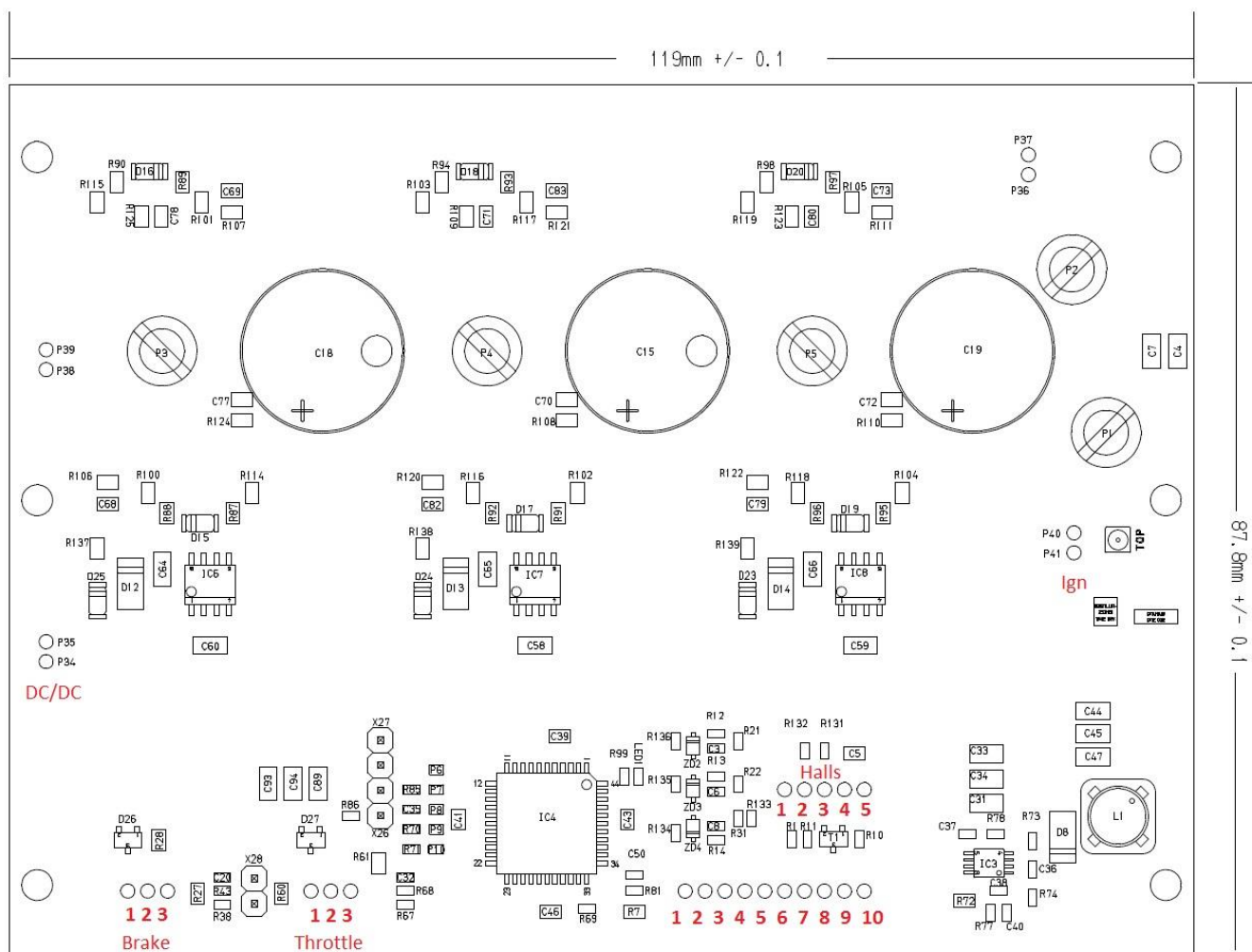
**1: Booster (funkcja w przygotowaniu)**

**2: Tempomat**, funkcja zapamiętania prędkości. Tempomat sterowany wejściem 2 (X14 dla „barmal X2”) zwieranym do masy (Gnd) przez co najmniej 500ms. Wyłączanie tempomatu albo poprzez ponowne zwarcie wejścia do masy (przez co najmniej 500ms) lub aktywny sygnał hamulca. Tempomat jest aktywny powyżej 10km/h.

**3: Profil**, zwarcie pinu 3(X13 dla „barmal X2”) do masy wymusza zmianę zaprogramowanego profilu jazdy. Profil 0 jest profilem domyślnym.

**barmal X1/X2/X4**

**Wersja X2d, X2e, X2f , z JST**



<b>Brake</b>	<b>X2d</b>	<b>X2e</b>	<b>X2f</b>
<b>1</b>	<b>Gnd</b>	<b>S</b>	<b>S</b>
<b>2</b>	<b>S</b>	<b>Gnd</b>	<b>Gnd</b>
<b>3</b>	<b>+5V</b>	<b>+5V</b>	<b>+5V</b>
<b>Throttle</b>	<b>X2d</b>	<b>X2e</b>	<b>X2f</b>
<b>1</b>	<b>+5V</b>	<b>S</b>	<b>S</b>
<b>2</b>	<b>S</b>	<b>Gnd</b>	<b>Gnd</b>
<b>3</b>	<b>Gnd</b>	<b>+5V</b>	<b>+5V</b>
<b>Halls</b>	<b>X2d</b>	<b>X2e</b>	<b>X2f</b>
<b>1</b>	<b>HC</b>	<b>HC</b>	<b>HC</b>
<b>2</b>	<b>HB</b>	<b>HB</b>	<b>HB</b>
<b>3</b>	<b>HA</b>	<b>HA</b>	<b>HA</b>
<b>4</b>	<b>Gnd</b>	<b>Gnd</b>	<b>+5V</b>
<b>5</b>	<b>+5V</b>	<b>+5V</b>	<b>Gnd</b>



## **barmal X1/X2/X4**

- 1 => Temperatura silnika. Wej. czujnika.**
- 2 => PAS. Wej. sygnału PAS.**
- 3 => PAS +5V.**
- 4 => Sygnał Halla dla zewnętrznego komputera.**
- 5 => Dodatkowe wejście dla funkcji BOOST (możliwość zmiany)**
- 6 => Tempomat.**
- 7 => Profil jazdy.**
- 8 => Gnd.**
- 9 => Gnd.**
- 10 => Gnd.**

### **DC/DC**

**P34, 35 => Dodatkowa przetwornica dla zewnętrznego urządzenia. 5,5V/120mA.**

### **Ign**

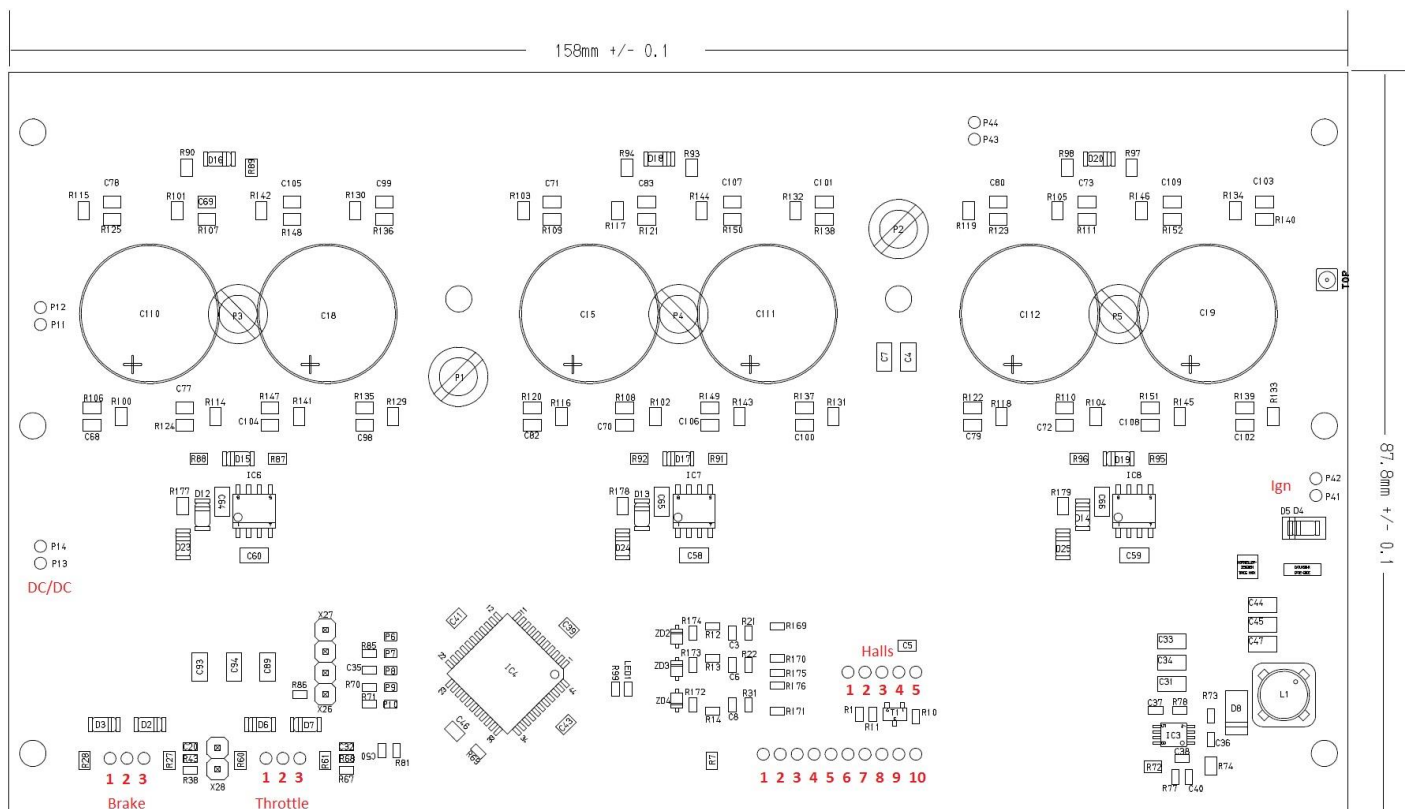
**P40, 41 => Stacyjka. Odłączenie zasilania części logicznej sterownika.**

**P36, 37 => Bocznik 2mOhm, +/- 1%.**

**S = Sygnał, 0...5V.**

## barmal X1/X2/X4

### Wersja X4d, X4e, X4f, z JST



<b>Brake</b>	<b>X4d</b>	<b>X4e</b>	<b>X4f</b>
1	Gnd	<b>S</b>	<b>S</b>
2	<b>S</b>	Gnd	Gnd
3	+5V	+5V	+5V
<b>Throttle</b>	<b>X4d</b>	<b>X4e</b>	<b>X4f</b>
1	+5V	<b>S</b>	<b>S</b>
2	<b>S</b>	Gnd	Gnd
3	Gnd	+5V	+5V
<b>Halls</b>	<b>X4d</b>	<b>X4e</b>	<b>X4f</b>
1	HC	HC	HC
2	HB	HB	HB
3	HA	HA	HA
4	Gnd	+5V	+5V
5	+5V	Gnd	Gnd

## **barmal X1/X2/X4**

- 1 => Temperatura silnika. Wej. czujnika.**
- 2 => PAS. Wej. sygnału PAS.**
- 3 => PAS +5V.**
- 4 => Sygnał Halla dla zewnętrznego komputera.**
- 5 => Dodatkowe wejście dla funkcji BOOST (możliwość zmiany)**
- 6 => Tempomat.**
- 7 => Profil jazdy.**
- 8 => Gnd.**
- 9 => Gnd.**
- 10 => Gnd.**

### **DC/DC**

**P13, 14 => Dodatkowa przetwornica dla zewnętrznego urządzenia. 5,5V/120mA.**

### **Ign**

**P41, 42 => Stacyjka. Odłączenie zasilania części logicznej sterownika.**

**P43, 44 => Bocznik 2mOhm, +/- 1%.**

**S = Sygnał, 0...5V.**

## Dodatkowe funkcje/informacje

**Sterownik posiada wewnątrz funkcję korekty położenia sensorów Halla.** Funkcja ta koryguje mechaniczne tolerancje / położenie hallotronów względem siebie. Hallotроны są bardzo często umiejscowione w wyfrezowanych żłobkach w blasze stojania, których tolerancja często przekracza +/- 1mm. Ze względu na tą tolerancję zamontowane tam czujniki mogą mieć przesunięcie względem siebie nawet do 2mm, co negatywnie wpływa na pracę silnika. Dość często zaobserwować można również spore niedokładności wklejonych w wirnik magnesów, gdzie miejscowa szczelina często waha się w tolerancji między 0,xx mm (magnesy przylegają do siebie), do >1mm (szczelina między magnesami). Aby zminimalizować ewentualne tolerancje położenia hallotronów zamontowanych w stojanie, czy przesunięcia ich względem siebie oraz wyeliminować niedokładności wklejonych magnesów zaimplementowana została funkcja programowej korekty wyżej wymienionych czynników.

W wersji oprogramowania od X2/4\_1.0.44/s zaimplementowane zostało rozpoznanie sensorów Halla. A razie ich braku, sterownik przechodzi w tryb czuwania odłączając manetkę i cyklicznie sprawdza ich brak. To umożliwia podłączenie między zasilanie czujników Halla np. wyłącznika termicznego w silniku.

### Pierwsze kroki

1. Połączyć sterownik z silnikiem. **Uwaga! nie pomylić kabli faz silnika z przewodami czujników Halla!** Kolejność połączenia w odpowiednich grupach (3 przewody fazy A, B oraz C silnika. 3 przewody czujników Halla, HA, HB, HC oraz zasilanie + i -) przewodów nie jest istotna, z pominięciem zasilania czujników Halla!
2. Podłączyć zadajnik (potencjometr, Manetka) prędkości i ustawić w pozycji 0.
3. Uruchomić połączenie z aplikacją mobilną.
4. **Przy pierwszej konfiguracji, gdzie nieznane są parametry zalecane jest użycie zasilacza z ograniczeniem prądu (24V, 3Amax.)**
5. Zmienić parametry obrotów maksymalnych, magnesów wirnika na docelowy silnik. Prąd Aku zmienić na 3A.

**Uwaga!!! Silnik koniecznie umocować!**

### Ręczne dopasowanie:

Patrz punkty z „**pierwszych kroków**” od 1 do 5!

Po wykonaniu czynności wstępnych (krok 1 do 5):

1. Zadajnik tak długo przestawiać, dopóki silnik nie zacznie albo drgać, albo powoli się kręcić.
2. Wartość Id Ki ustawić na 0.
3. Gdy silnik tylko drga, przyciskiem **Hall Change** zmieniać kolejność czujników Halla do momentu kiedy silnik zacznie się kręcić. Początkowo ruch silnika może być utrudniony.
4. Jeśli silnik wykazuje ruch, jednym z przycisków **Phase offset left / right** zmieniać położenie kąta fazy tak długo aż silnik zacznie cicho i równomiernie pracować, nie pobierając przy tym zbyt dużego prądu (nie więcej niż 1,5A). **Zapisz parametry!**
5. Zmienić kierunek obrotów i powtórzyć wyszukiwanie dla drugiego kierunku! **Dokładne ustawienie silnika dla obu kierunków jest niezbędne do poprawnej jego pracy!**
6. Po poprawnym ustawieniu silnika oraz kontroli pobieranego prądu (poniżej 1,5A) zapisać parametry i ustawić parametr Id Ki powyżej 10.

**Automatyczne dopasowanie (wersja programu z autonauką):**

Patrz punkty z „**pierwszych kroków**” od 1 do 5!

Po wykonaniu czynności wstępnych (krok 1 do 5):

1. Ustawić przyciskiem „Hall Change” na wartość 1 i zapisać.
2. Sterownik zaczyna autonaukę. Parametrem „I Accu Drive” można zwiększyć prąd fazy. Wartość 10...15 skutkuje stosunkowo dobrą dokładnością pomiaru.
3. Po zatrzymaniu silnika zapisać parametry.
4. Zapodać ostrożnie manetkę i sprawdzić czy silnik kręci. Kierunek obrotów nie ma znaczenia.
5. Dopasować ewentualnie offsety. Parametrami **Phase offset left / right** zmieniać położenie kąta fazy tak długo aż silnik zacznie cicho i równomiernie pracować, nie pobierając przy tym zbyt dużego prądu (nie więcej niż 1,5A). **Zapisać parametry!**
6. Zmienić kierunek obrotów i powtórzyć czynność dopasowania offsetów. **Dokładne ustawienie silnika dla obu kierunków jest niezbędne do poprawnej jego pracy!**
7. Ustawić parametry IdKp, IdKi odpowiednio na 500 i 50. Parametry IqKp oraz IqKi analogicznie. Zapisać parametry i sprawdzić pracę silnika.

**Kontrola:**

Parametr **Id Ki** ustawić na **0**. Prąd fazy na 10, prąd accu na 3. Jeśli możliwe zewnętrznym Amperomierzem zmierzyć pobór prądu z Akumulatora w biegu jałowym silnika. W przypadku, kiedy pobór prądu z akumulatora jest większy niż po ustawieniu automatycznym, należy tak długo przestawiać kąt przesunięcia fazy aż do uzyskania minimum prądu. Czynność należy wykonać dla obu kierunków obrotów.

Parametry Prądu silnika Iq oraz pola Id.

Parametry prądu Iq z komponentami Kp i Ki regulują prąd silnika i powinny zostać dopasowane do wymagań użytkownika. Komponent Kp(roportional) regulatora reaguje szybko na zmiany, pozostawiając jednak zawsze różnicę na wyjściu. Im większa wartość, tym sterownik szybciej (dynamiczniej) reaguje na zmiany wej/wyjścia. Parametr Ki jest wolniejszy ale reguluje pozostawioną przez Kp różnicę prawie do 0 pozwalając osiągnąć zadany poziom wyjściowy. Oba parametry wpływają na dynamikę regulatora oraz silnika i pozwalają optymalnie dopasować silnik do sterownika.

Na przykładzie silnika Crystalyte HS3540, MXUS . Parametry:

Iq Kp => 500-600

Iq Ki =>50- 60

Id Kp => 500-600

Id Ki => 50-60

Pozwalają na dynamiczną jazdę.

**Uwaga!**

**Nie podłączać do zasilania Halli czy 12V w sterowniku żadnych dodatkowych urządzeń!  
Nie podłączać do wejść sensorów Halla dodatkowych czujników prędkości itp!**

Sterownik jest zabezpieczony termicznie. Temperatura wyłączenia wynosi około 115°C i jest mierzona przy tranzystorach końcówki mocy.

\*\*\*\*

**Sensory:**

Większość silników wyposażona jest w cyfrowe hallotrony z przesunięciem co 60° lub 120°. Sterownik samoczynnie rozpoznaje rodzaj przesunięcia sensorów (60° lub 120°) w silniku i dopasowuje do nich program.

**Uwaga!**

**Kondensatory blokujące są niezbędnie konieczne dla prawidłowego działania hallotronów.**

**Bardzo często, szczególnie w silnikach chińskich producentów występujące sensory są niestety i wbrew notom katalogowym, montowane bez kondensatorów pomocniczych, które mają za zadanie dostarczyć niezbędną dla czujników energię w momencie przełączenia.**

**Sterownik, szczególnie w trybie komutacji sinusoidalnej zdany jest na poprawny sygnał z położenia wirnika. W momencie braku lub niepoprawnego sygnału sterownik nie jest w stanie prawidłowo wygenerować prądu o przebiegu sinusoidalnym co może skutkować niepoprawną pracą silnika.**

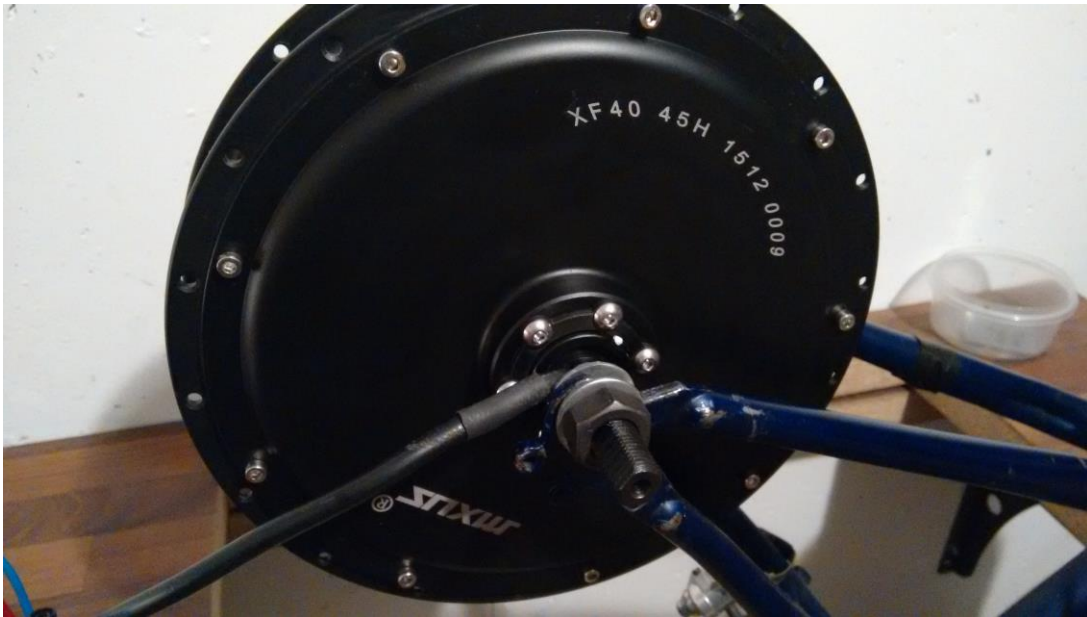
**Zalecane jest zatem wyposażenie hallotronów w kondensatory oraz, w celu zminimalizowania zakłóceń, ekranowania sygnałów hallotronów oraz faz silnika lub oddzielenia obu grup przewodów od siebie (zobacz niżej).**

**Kable fazowe silnika powinny być ponadto posiadać odpowiedni do uzyskiwanej mocy przekrój.**

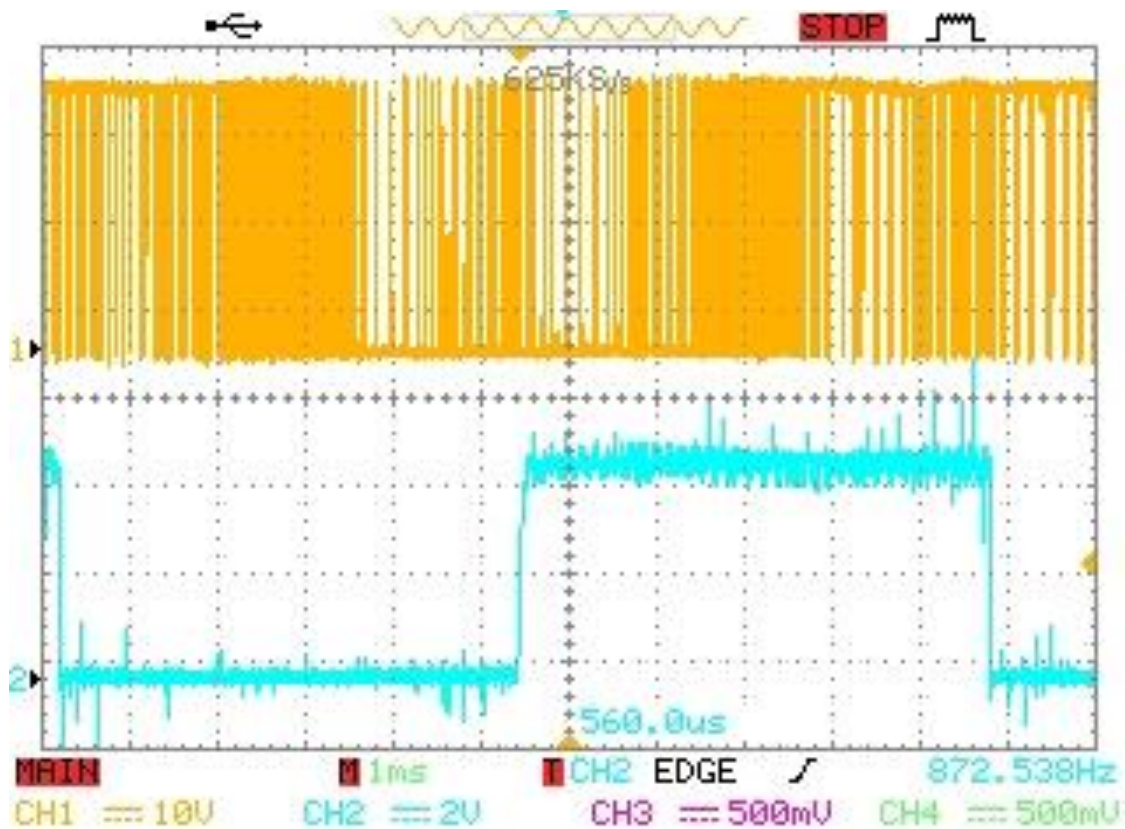
## barmal X1/X2/X4

### Dodatkowe informacje na temat hybrydowego kabla silnika.

Hybrydowy kabel. Na długości 100..120cm przewody fazowe równoległe z przewodami czujników:



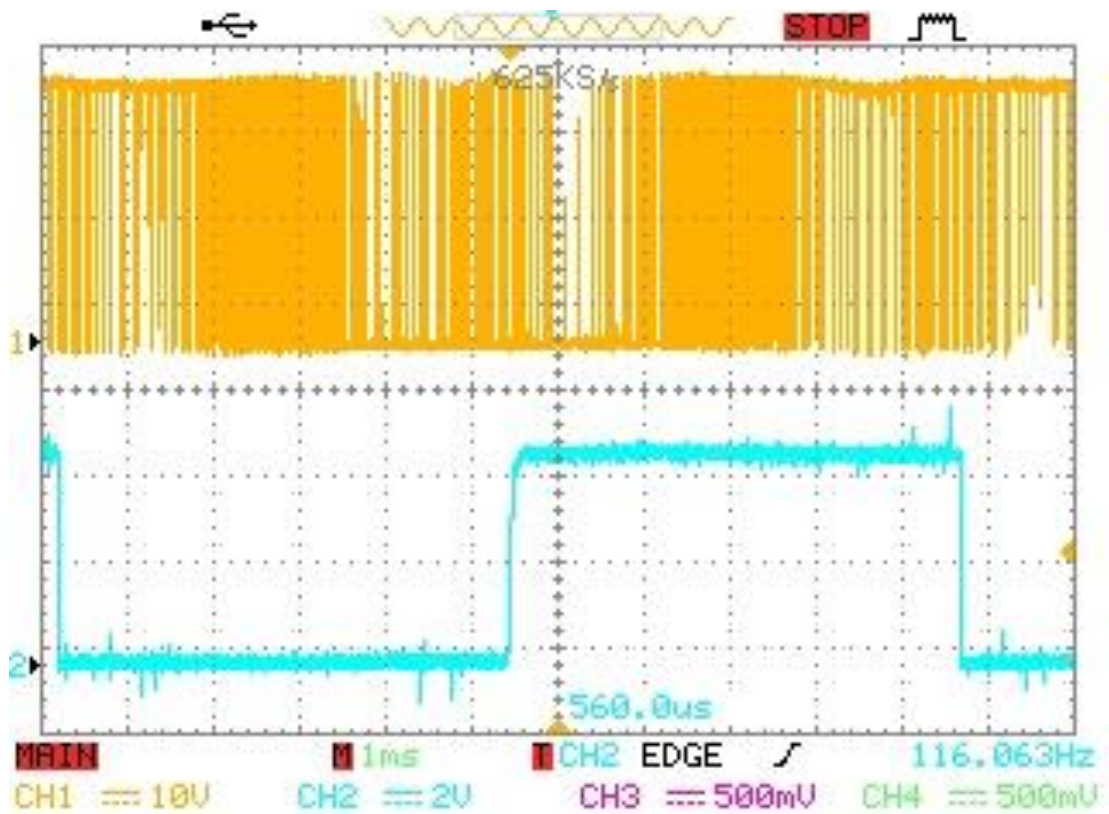
Sygnał na czujnikach Halla. Silnik bez obciążenia, napięcie 30V(góra). Sygnał na czujnikach(dół). Kabel w stanie oryginalnym. Wyraźnie widoczne szpilki napięcia:



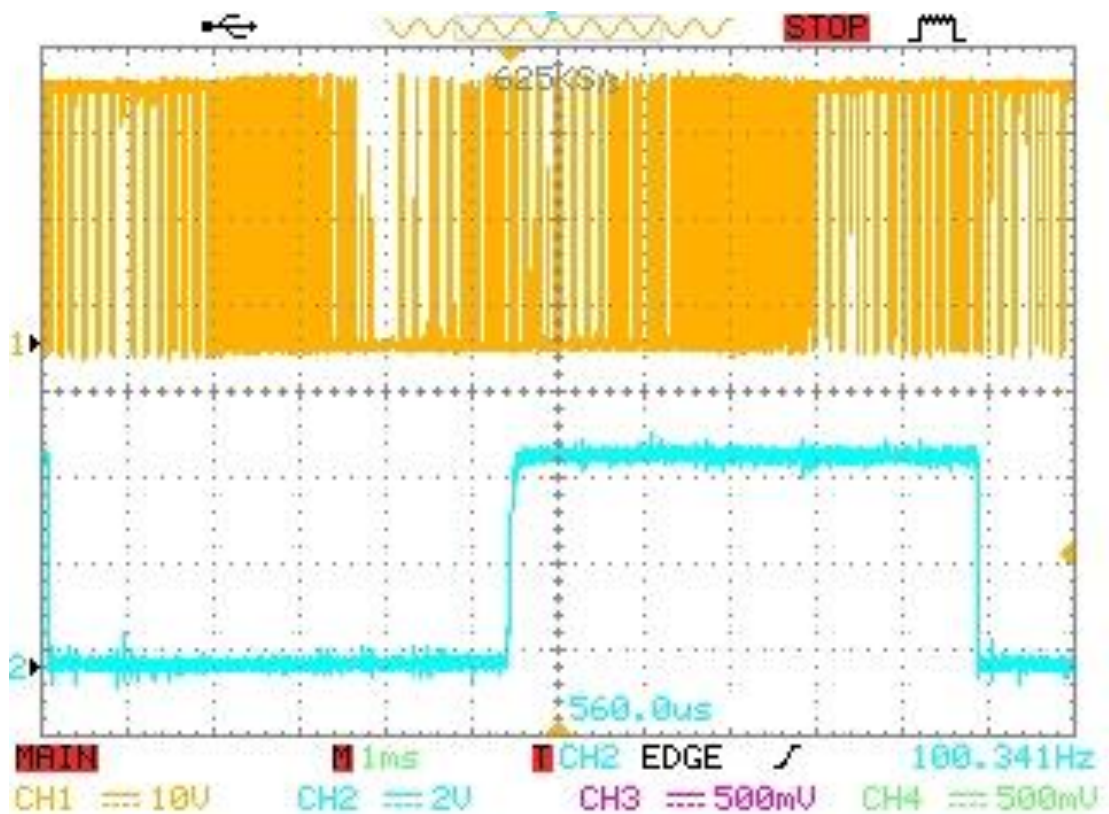


## barmal X1/X2/X4

Sygnał na czujnikach Halla. Silnik bez obciążenia, napięcie 30V(góra). Sygnał na czujnikach(dół). Grupy przewodów fazowych i sensorów oddzielone 60cm od wyjścia z wału. Szpilki napięcia wyraźnie mniejsze:



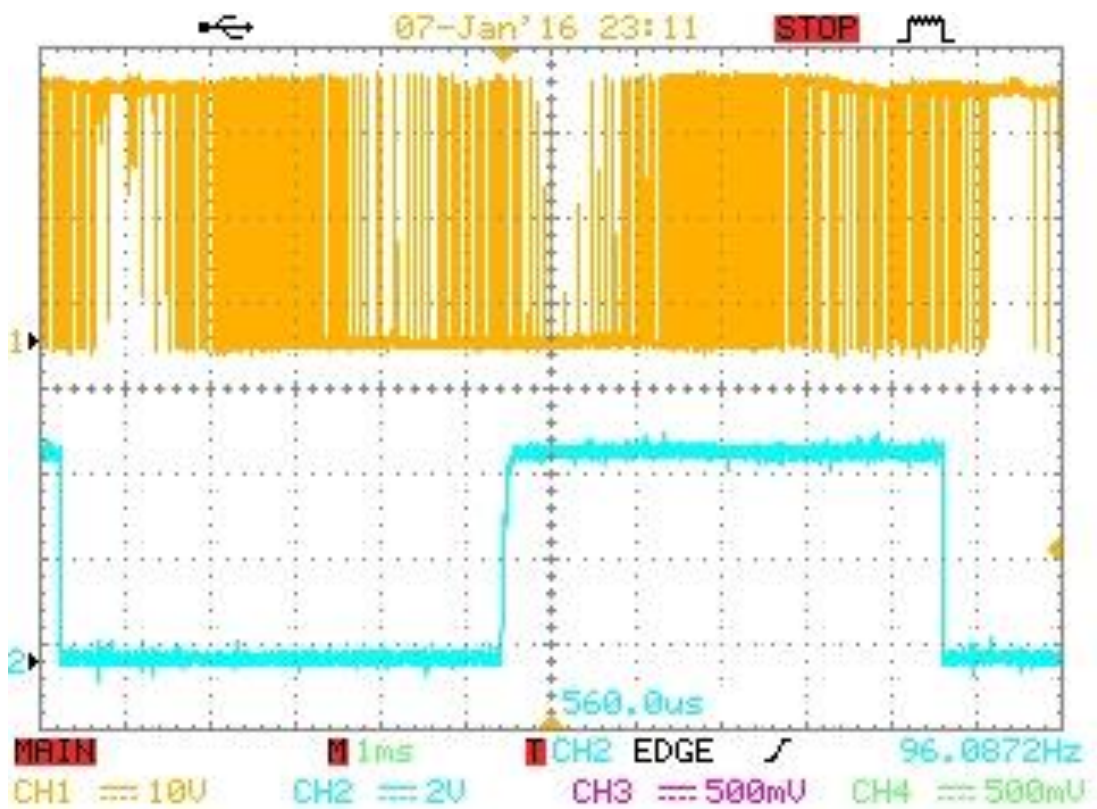
Grupy przewodów fazowych i sensorów oddzielone 40cm od wyjścia z wału:



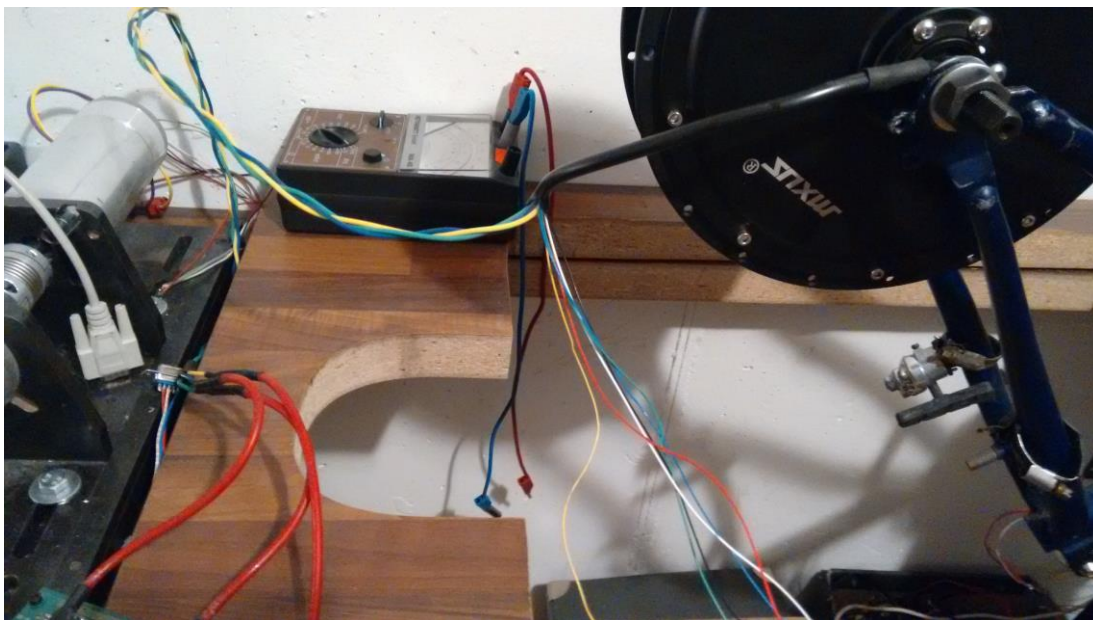
Grupy przewodów fazowych i sensorów oddzielone 20cm od wyjścia z wału:



## barmal X1/X2/X4

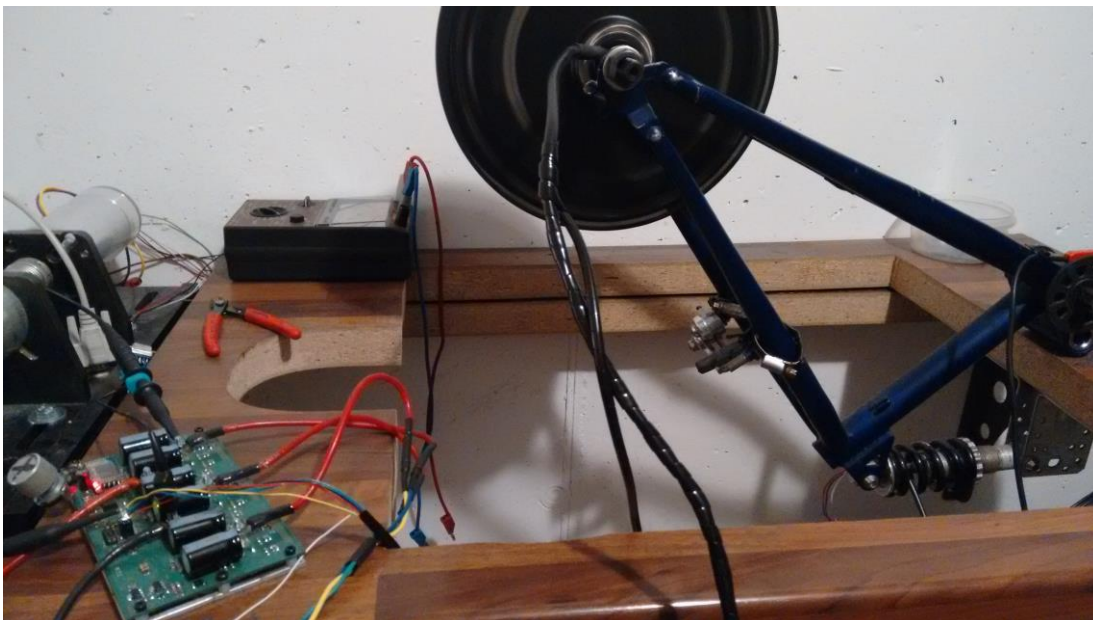
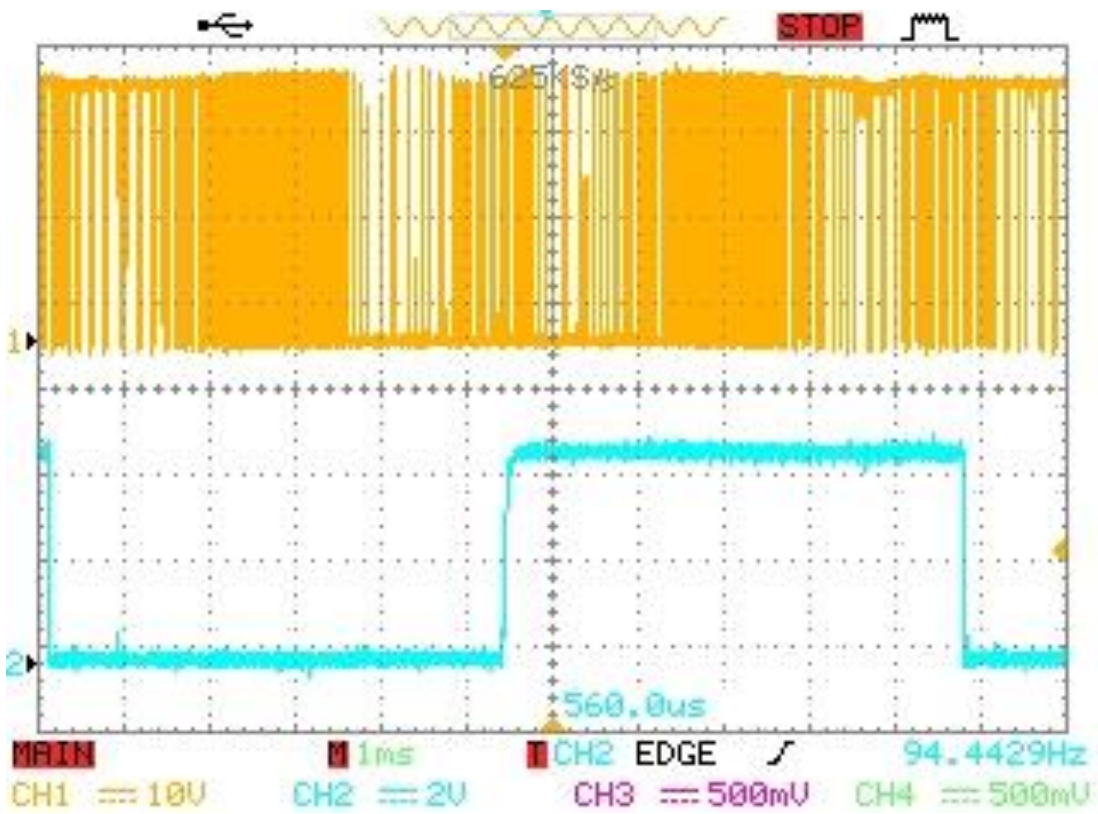


Przewody fazy zaplecione w warkocz i oddzielone od przewodów sensorów:



## barmal X1/X2/X4

Oscylogram:



### Dodatkowe informacje na temat kondensatorów blokujących.

Wyjaśnienie w kilku zdaniach: Układy scalone (IC) pobierają chwilowo stosunkowo (bardzo) wysokie prądy powodując niezdefiniowany spadek napięcia zasilającego. To z kolei wpływa negatywnie na inne urządzenia układu elektronicznego (elektroniki).

Kondensator blokujący magazynuje energię i w razie potrzeby, np. podczas przełączania stanów z niskiego na wysoki lub odwrotnie jest w stanie tą energię bardzo szybko oddać/dostarczyć układowi scalonemu. Dzięki temu spadki napięcia na linii zasilającej i tym samym dla pozostałych układów scalonych (IC) zostaje zminimalizowane a w najlepszym wypadku pozostanie stabilne.

Zdjęcie pokazuje napięcie zasilające 5V na IC bez kondensatora.

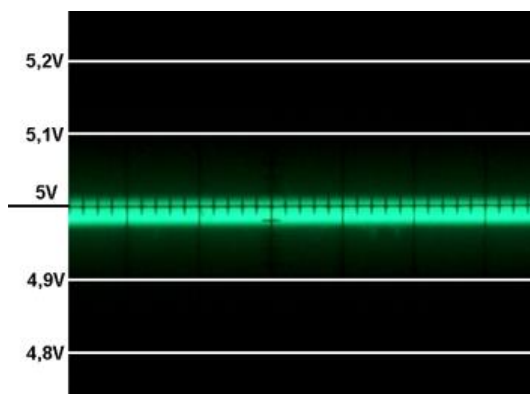


Periodyczny pobór prądu wywołuje spadki i szpilki napięcia wynoszące do 0,25V. Zakłócenia te rozpraszane są na cały układ elektroniki/kabel.

W odległości około 30cm od źródła, napięcie zasilania tak wygląda:



Zakłócenia są wyraźnie słabsze ale wyraźnie widoczne. Po dołożeniu kondensatora blokującego (100nF) blisko nóżek IC sygnał wygląda tak:



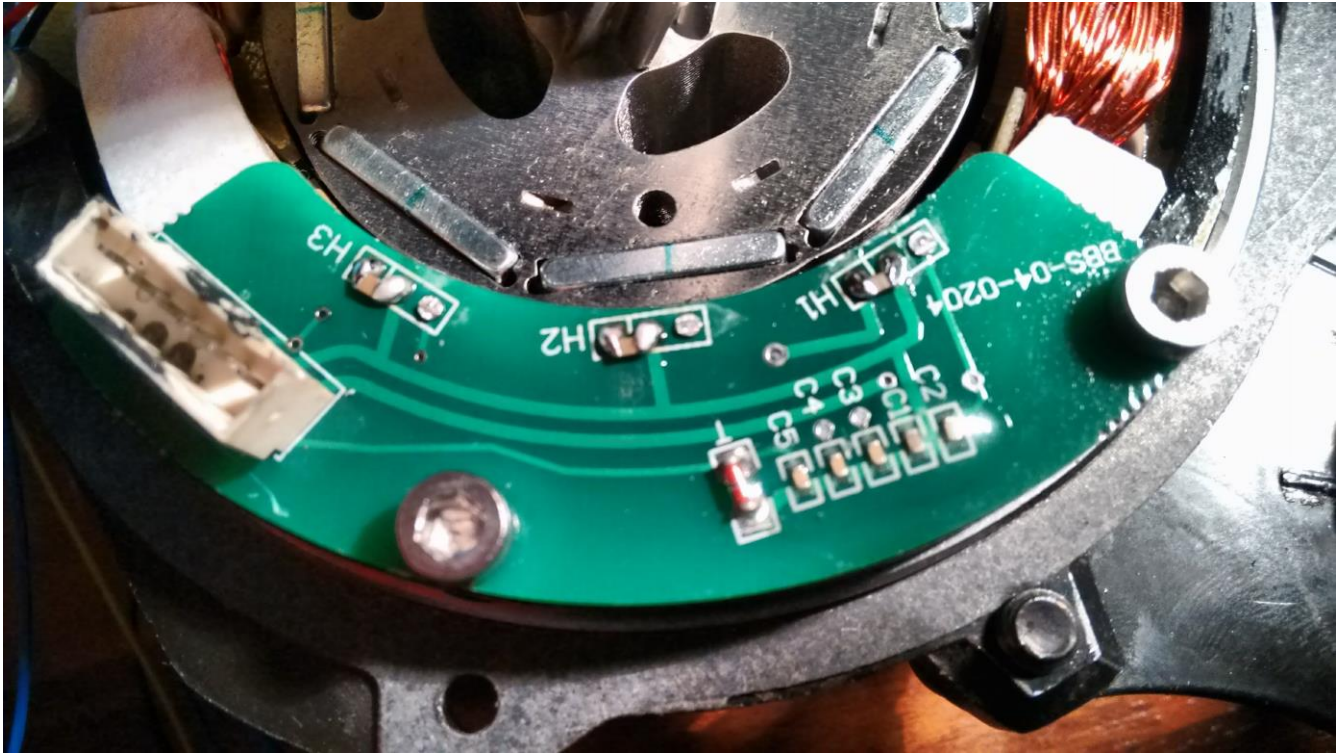
Zakłócenia na linii zasilania zakłócają nie tylko poprawną pracę samego IC ale są również źródłem zakłóceń dla innych układów w tym też radiowych (EMC). Gwoli wyjaśnienia: Zdjęcia nie są moje. Pokrywają się jednak w pełni z własnymi pomiarami.



## barmal X1/X2/X4

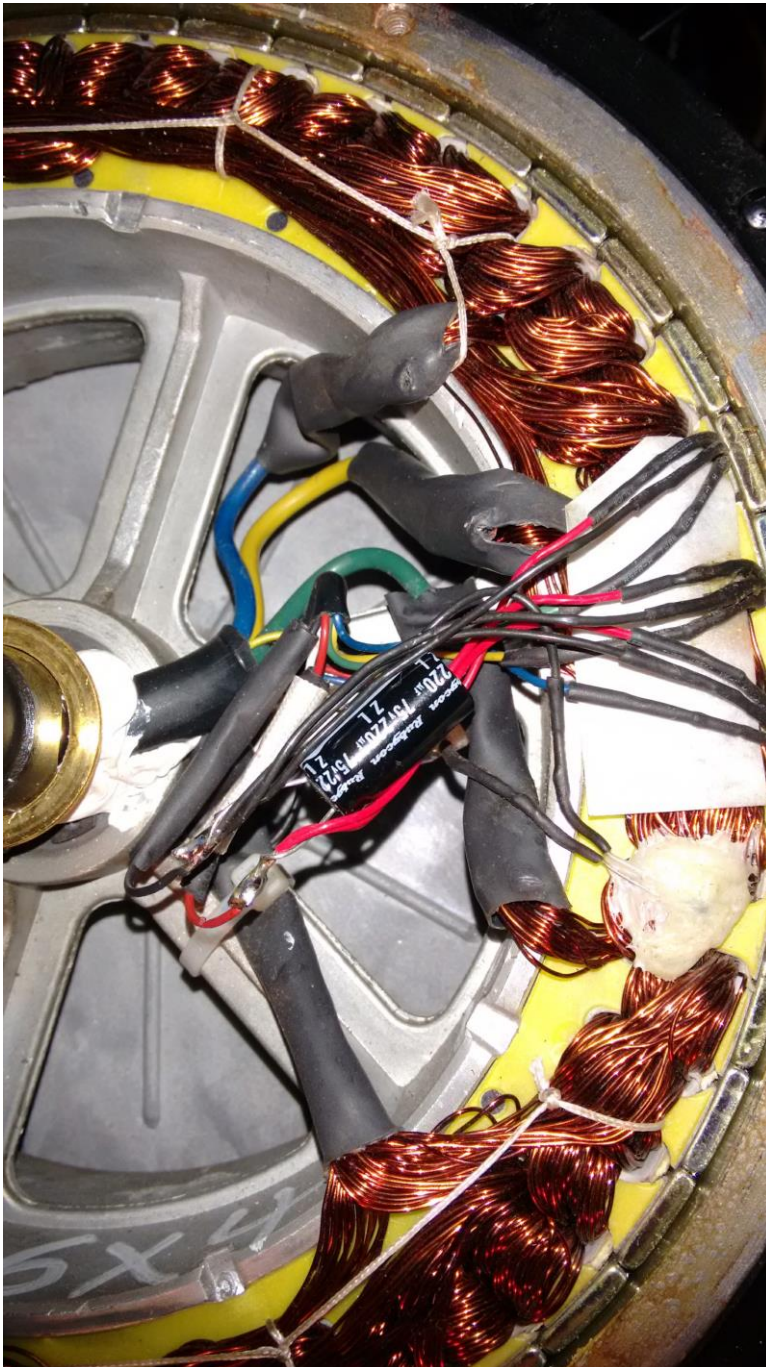
### Dołożenie kondensatorów do sensorów Halla.

Niektóre silniki posiadają płytkę drukowaną z przylutowanymi do niej sensorami. W takim wypadku bardzo łatwo dołożyć kondensatory. Do tego celu najlepiej nadają się kondensatory SMD o wielkości między 0603 przez 0805 do 1206. Wartość: 100nF do 1μF, 25V. Montaż przy każdym sensorze między nóżki zasilania +5V i Gnd.



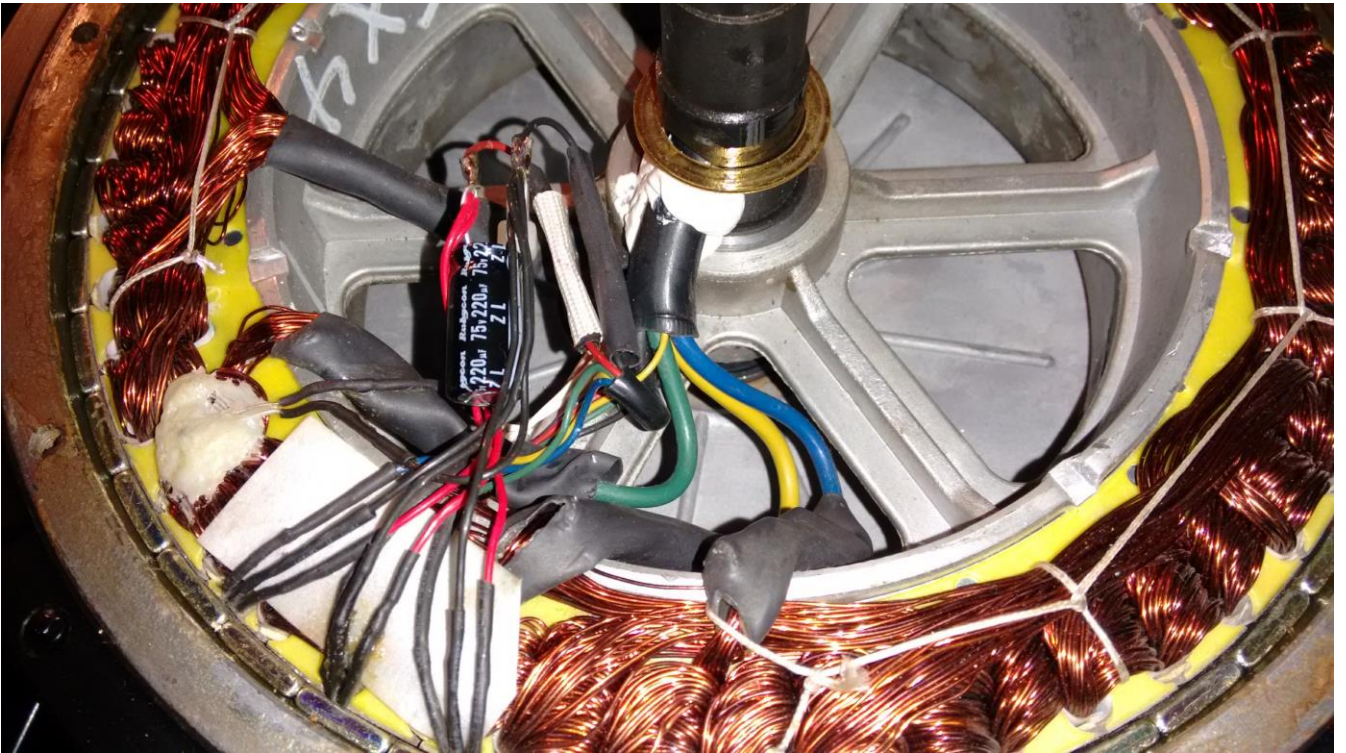
## barmal X1/X2/X4

Czasem jednak silniki nie posiadają płytki drukowanej a same Halle są wklejone bezpośrednio w stojan z wyprowadzonymi przewodami do zasilania oraz sygnału. W takim wypadku montaż bezpośrednio przy nóżkach sensorów jest awykonalny. Dobrym kompromisem jest dołożenie jednego większego kondensatora, np. elektrolitycznego w miejscu połączenia wszystkich 3 nóżek zasilania sensorów, między +5V i Gnd. Należy przy tym dobrać kondensator o temperaturze 105°C. Wartość: 5...10μF, 25V. Zamontowany kondensator należy dobrze przymocować do stojana i zabezpieczyć przed uszkodzeniem przez wibracje.





**barmal X1/X2/X4**



**\*\*Dodatkowe informacje na temat chłodzenia sterownika, łącznie z płytą PCB.**

Ze względu na występujące w sterowniku wysokie prądy konieczne jest chłodzenie nie tylko tranzystorów ale również i samej płytki wraz z kondensatorami elektrolitycznymi. Z tego powodu należy podczas montażu sterownika zwrócić szczególną uwagę na jego chłodzenie. Sterownik w obudowie należy umieścić w pojeździe tak aby miał swobodny owiew powietrza. Sterownik montowany w zamkniętej skrzynce, np. z akumulatorami najlepiej montować bez obudowy ale na powiększonym radiatorze tak aby ciepło wydzielane na tranzystorach było z nich jak najlepiej odprowadzane. A sama płytka miała możliwie największą możliwość chłodzenia.

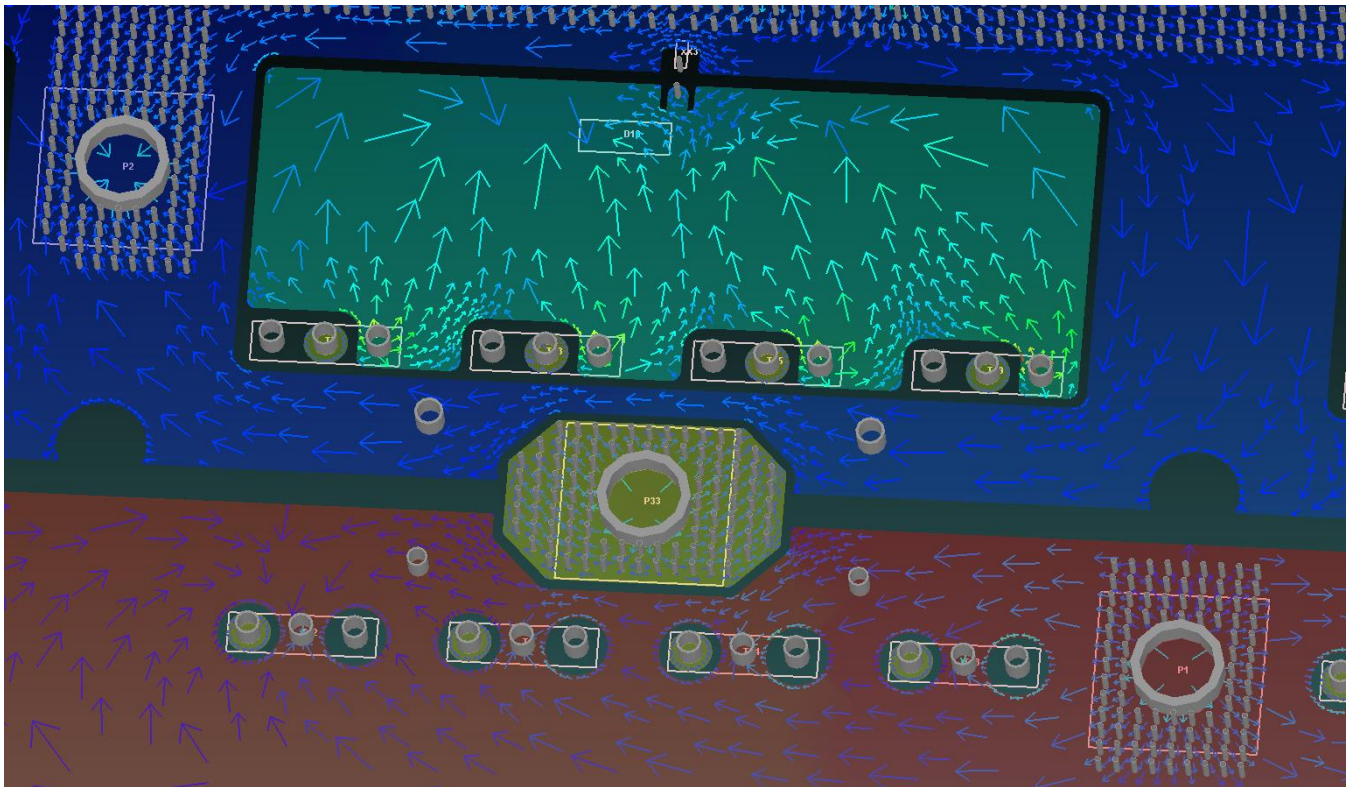
Poniżej kilka zdjęć z symulacji termicznej płytki sterownika X4.

Symulacja przy prądzie 100A. Strzałki pozazują kierunek przepływu prądu oraz jego natężenie. Im kolor jaśniejszy, tym większy prąd.

Prąd wejściowy z linii wejścia rozprasa się przez całą powierzchnię Cu do nóżek tranzystorów.

Tranzystory taktując przewodzą prąd na powierzchnię połączenia fazy silnika (Fot2). Po czym dolne tranzystory przewodzą go ponownie przez boczniki do wyjścia (Fot1).

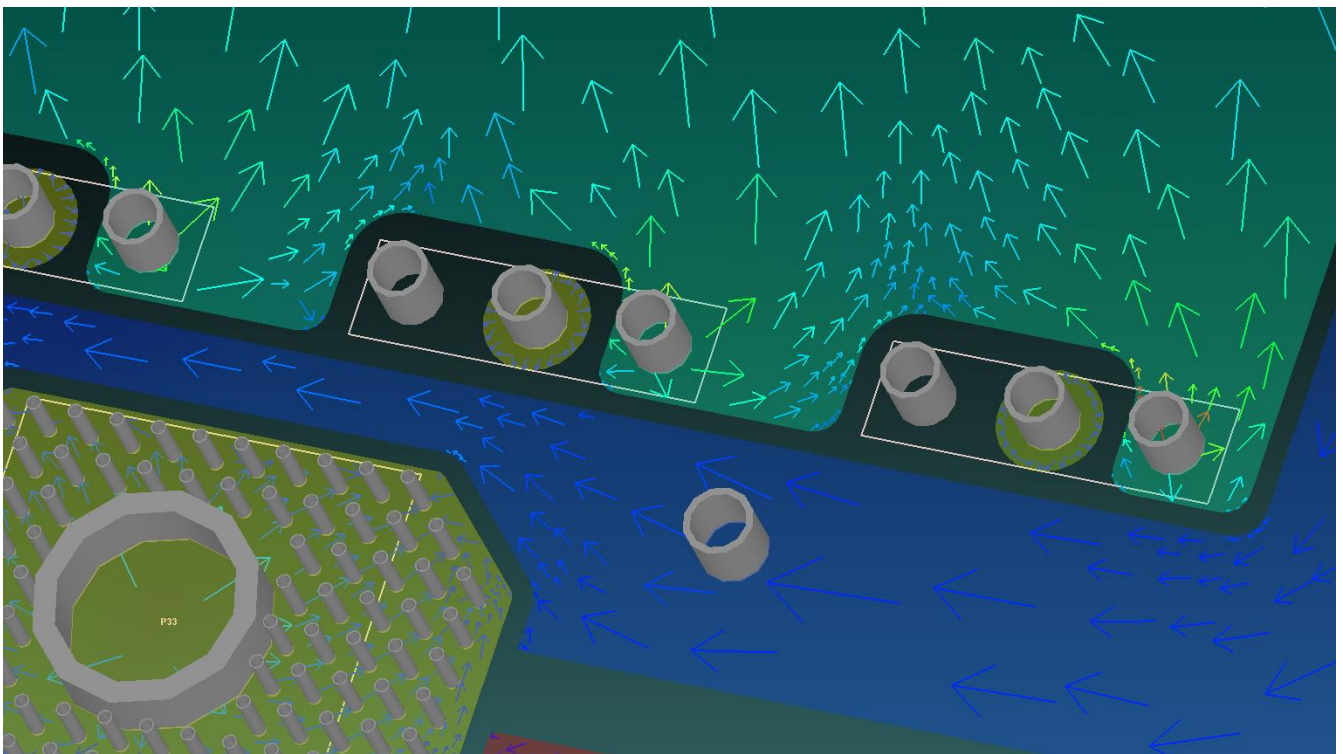
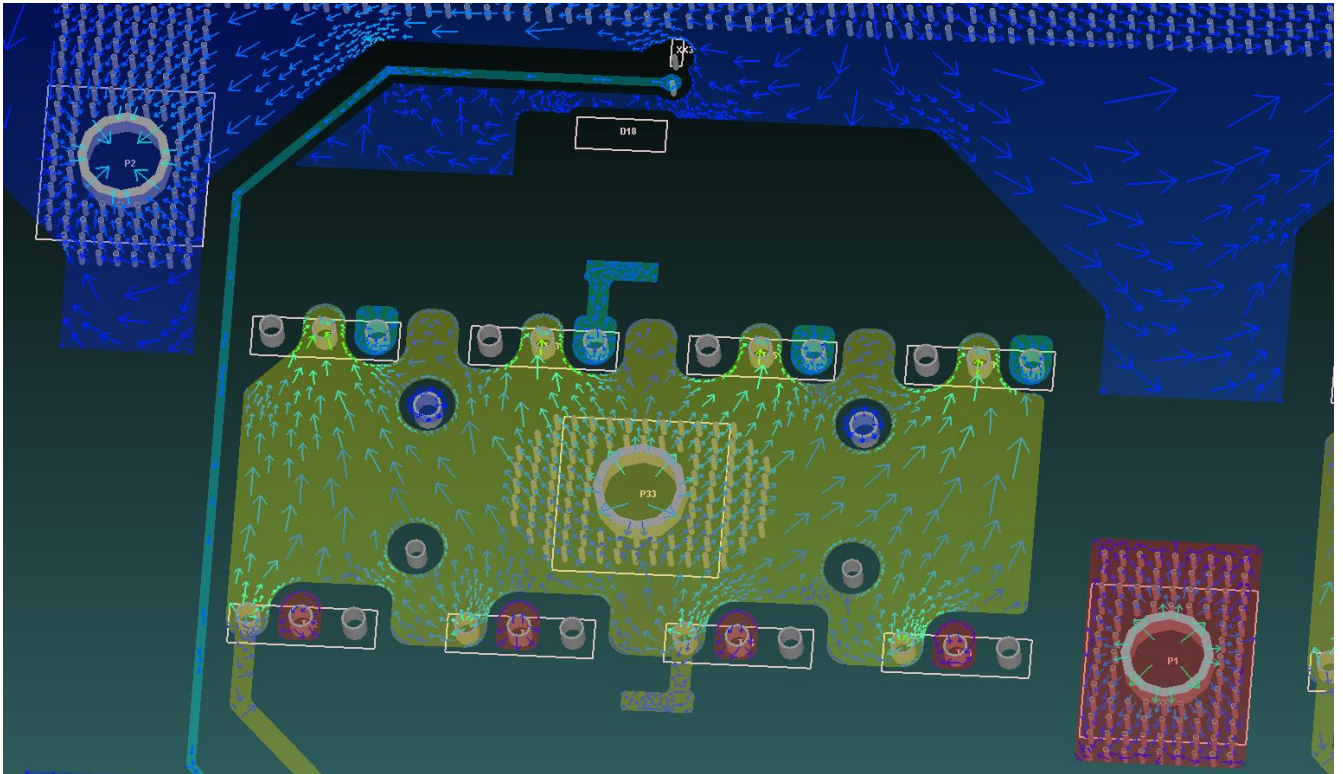
Fot1



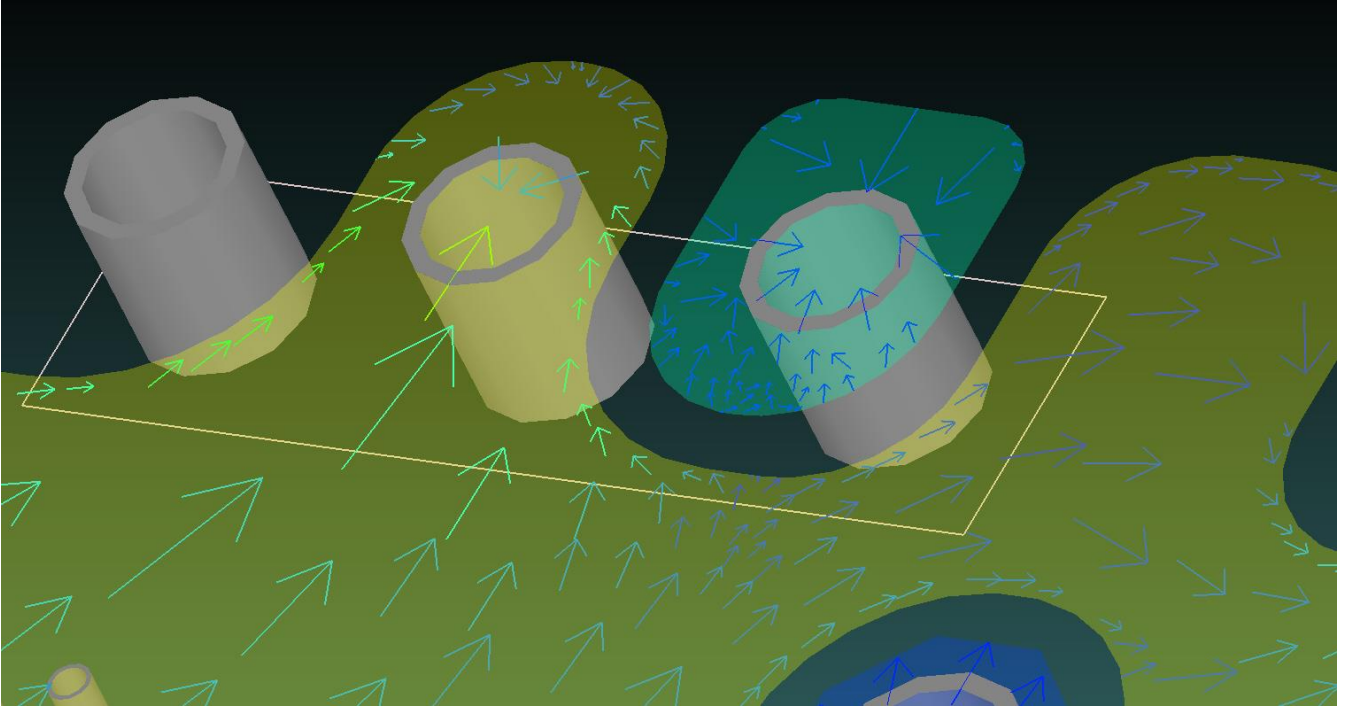


## barmal X1/X2/X4

Fot2







Prąd płynąc z wejścia do wyjścia płynie przez poszczególne warstwy płytki, między innymi przez przelotki z przylutowanymi tranzystorami mocy.

Folia Cu na płytce ma grubość 70µm plus miedź nanoszoną chemicznie w procesie produkcji płytki.

Same przelotki natomiast mają gwarantowaną przez producenta (standard) grubość 25µm, nanoszoną chemicznie.

Miedź chemicznie naniesiona nie ma identycznych właściwości z folią nawet o tej samej grubości. Z tego powodu też przewodząc taki sam prąd jak folia bardziej się nagrzewa.

Ze względu na połączenie chemiczne przelotek (Via) z folią Cu temperatura zostaje rozpraszana na resztę miedzi, oddając temperaturę do otoczenia i tym samym chłodząc przelotki.

W skrajnych przypadkach, przy dużych prądach i ze względu na większy opór termiczny przelotek, może dojść do ich przegrzania.

Czujnik temperatury zamontowany na płytce jest osadzony bezpośrednio pod tranzystorami tak aby możliwie szybko rejestrować na nich zmiany temperatury. To jednak nie odzwierciedla temperatury panującej na połączeniu faz, gdzie prąd jest największy.

\*\*\*

Aktualizacja oprogramowania dla sterownika.

## UWAGA!!!

**Aktualizację oraz ponowne uruchomienie przeprowadzać przy zastosowaniu zasilacza!!!**

Program Bootloader do pobrania:

<http://www.softpedia.com/progDownload/ds30-Loader-Download-238383.html>

Program znajduje się w folderze: „bin” => „ds30LoaderGui.exe”.

Przygotowanie Programu przy użyciu Bluetooth:

„Hex-file” podać miejsce/folder, gdzie znajduje się program, który chcemy wgrać.

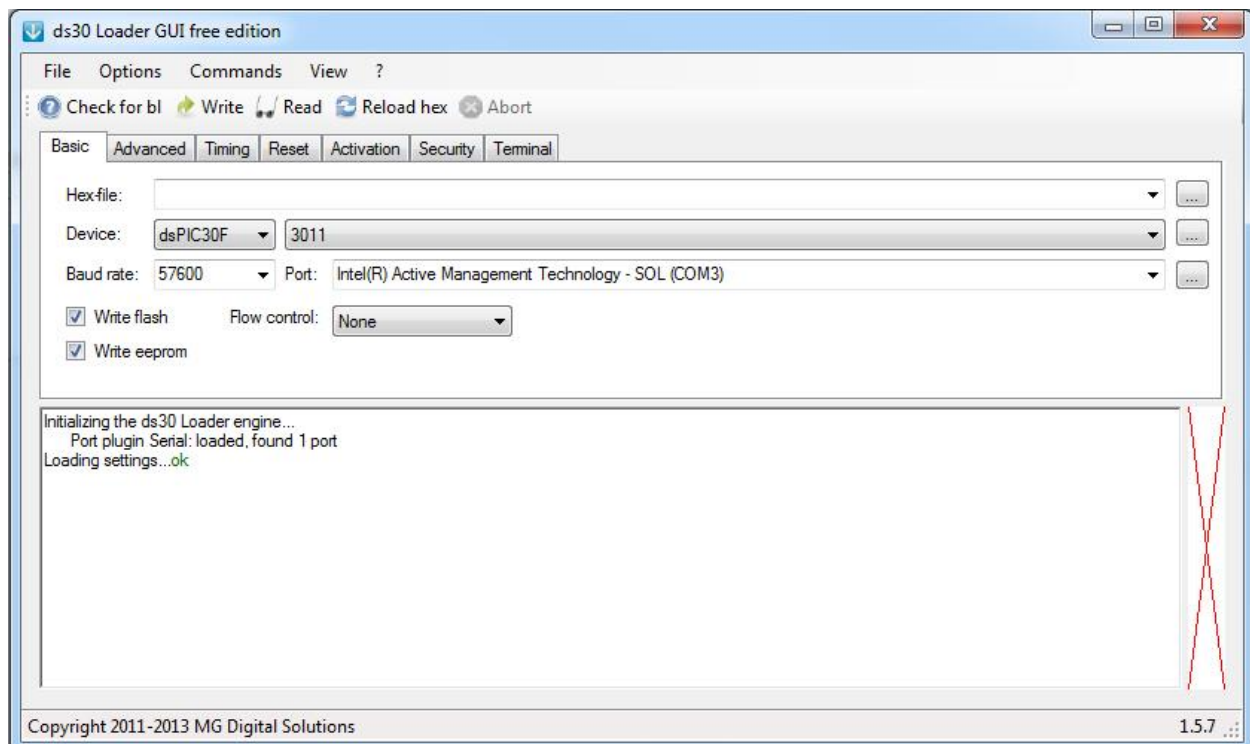
„Device” tu wybieramy typ procesora „dsPIC30F” oraz „3011”.

„Baudrate” ustawiamy na „57600”.

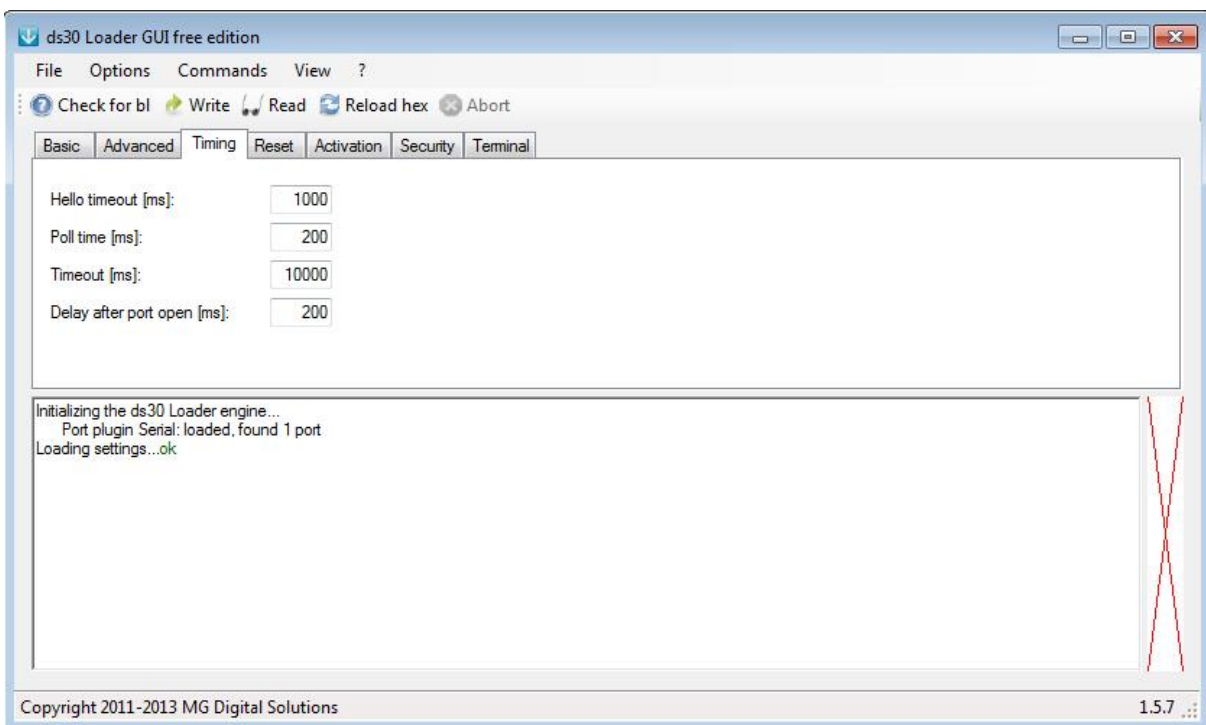
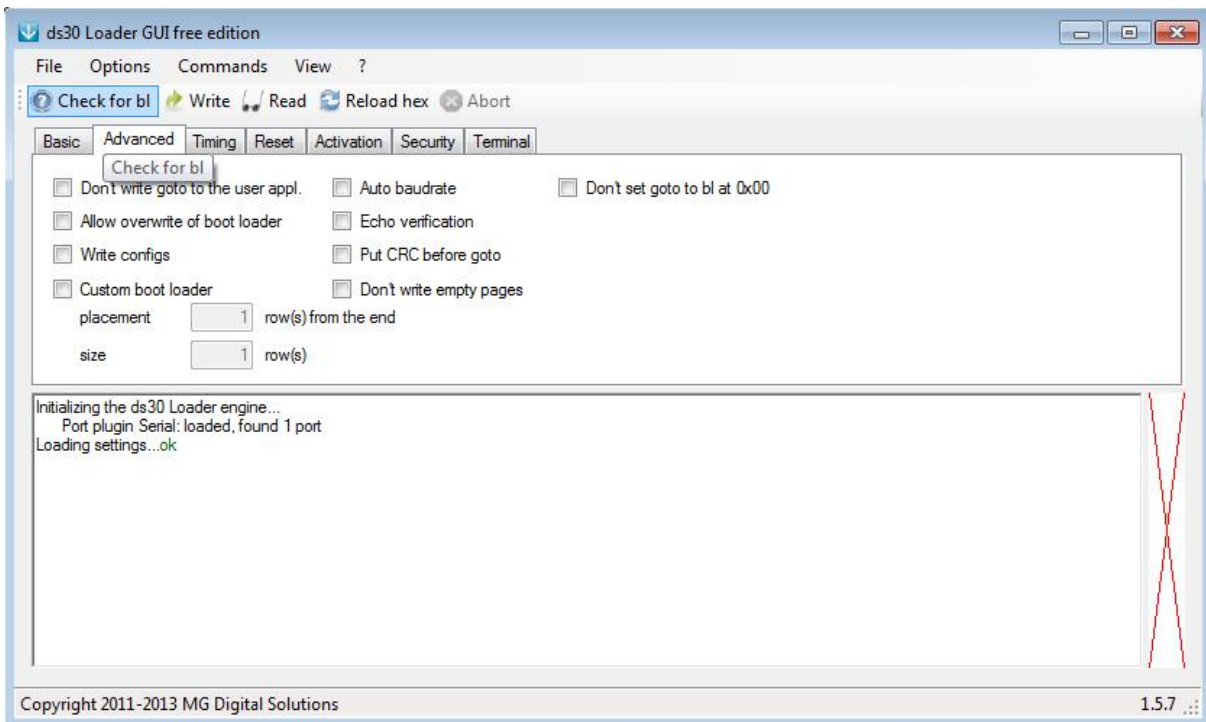
„Port” ustawiamy wirtualny port komputera do którego podłączony jest sterownik. Uwaga, wcześniej konieczne jest przeprowadzenie procedury wyszukania i sparowania sterownika z komputerem. W innym wypadku sterownik wraz z portem nie zostanie przez program rozpoznany!

Haczyk „Write flash” oraz „Write eeprom” zaznaczony!

Zakładki w programie ustawiamy:

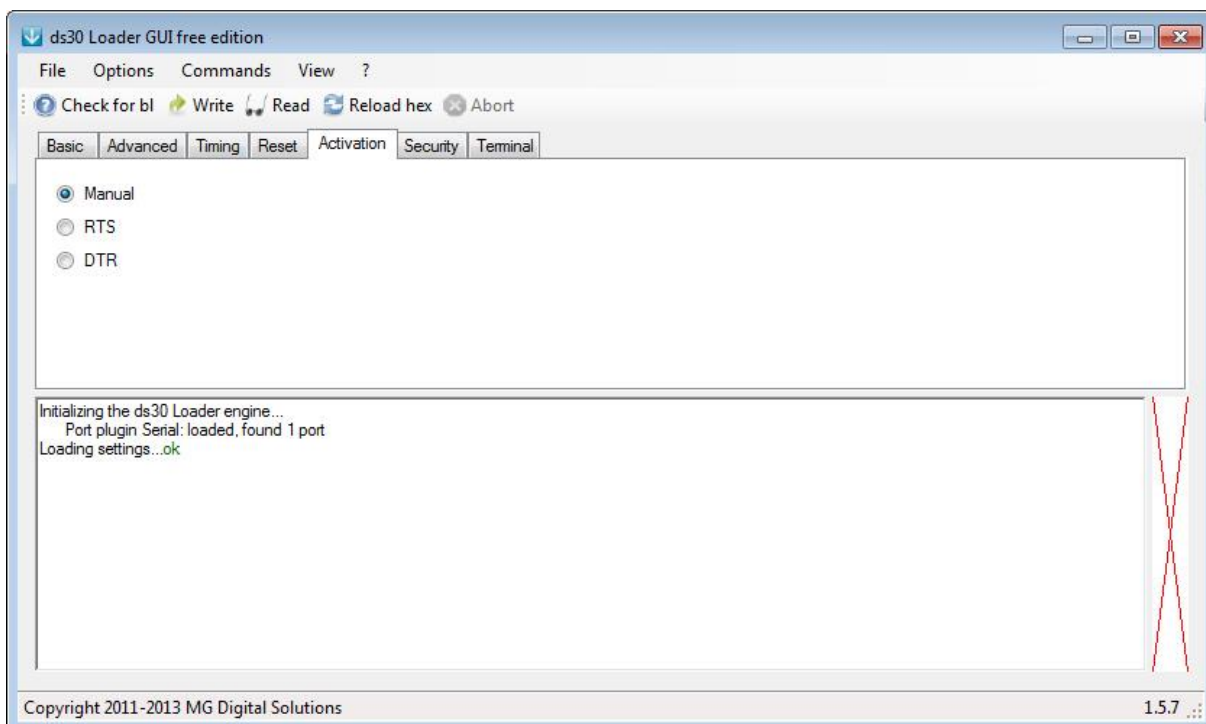
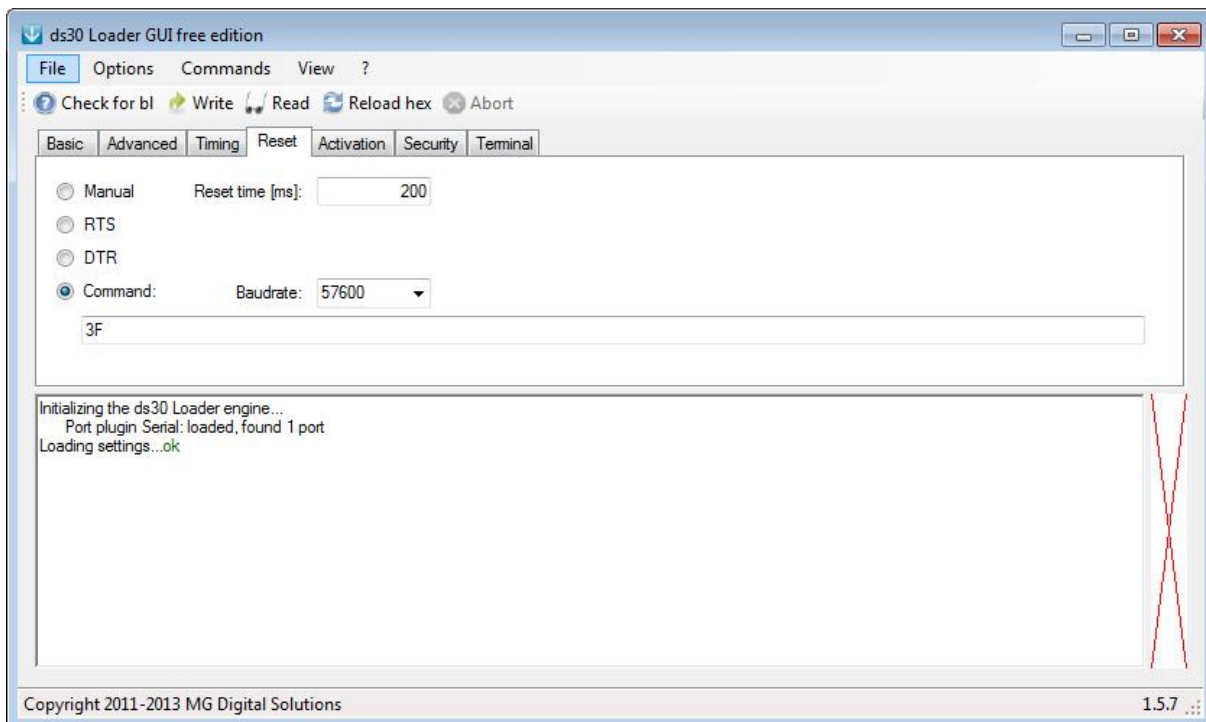


## barmal X1/X2/X4

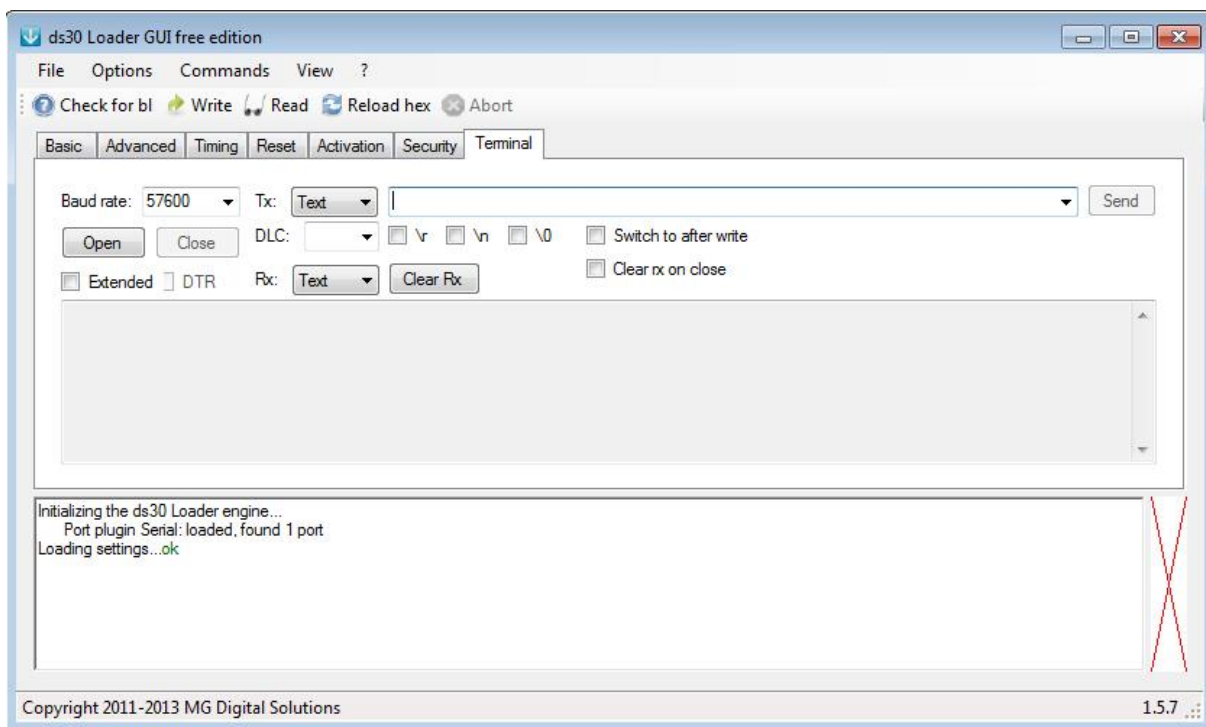
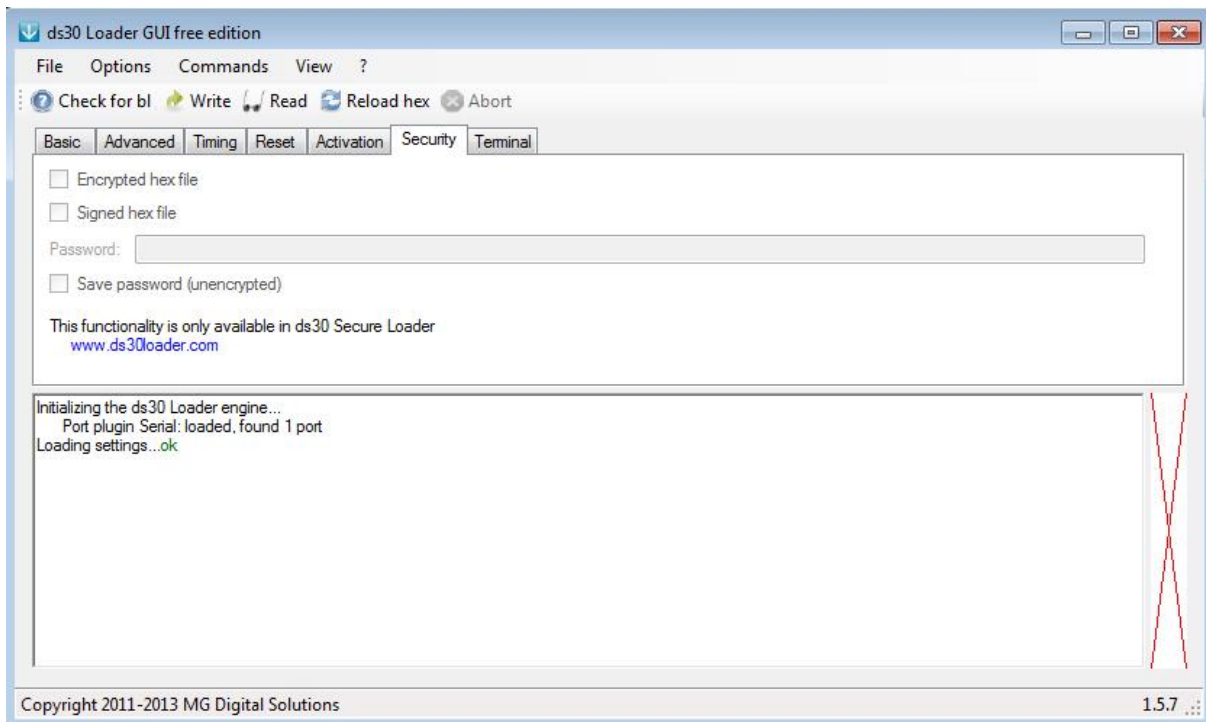


## barmal X1/X2/X4

Celem przeniesienia sterownika w tryb czekania należy jak na poniższym obrazku wysłać rozkaz „3F”.



## barmal X1/X2/X4



Po ustawieniu portu w programie włączamy sterownik. Następnie klikamy przycisk „**Write**”. Program łączy się ze sterownikiem i wysyła rozkaz 3F przenoszący procesor w stan czuwania. W tym stanie pobór prądu minimalnie spada i sterownik przestaje reagować na jekiekolwiek rozkazy czy zmiany stanów na wejściach.

Odłączamy sterownik od prądu i podłączamy ponownie po czym klikamy przycisk „**Write**”. Program łączy się ze sterownikiem i zaczyna proces aktualizacji. Pasek postępu powinien być widoczny w prawym górnym rogu programu.

Po zakończeniu pojawia się komunikat o pomyślnej aktualizacji i następuje reset sterownika.

Po resecie sterownik należy ponownie skonfigurować lub sprawdzić ustawienia!