

Na prawach rękopisu

Raport 15/10/2004

# **Konstrukcja podwójnego mostka H**

Robert Szlawski

Słowa kluczowe: napęd elektryczny, sterownik.

Wrocław 2007, rev.B

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Konstrukcja</b>	<b>4</b>
2.1	Budowa stopnia mocy . . . . .	4
2.2	Budowa regulatora prądu . . . . .	5
2.3	Budowa zasilacza . . . . .	5
2.4	Sygnaly sterujące . . . . .	7
2.5	Sterowanie silnikiem krokowym bipolarnym . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Montaż</b>	<b>10</b>
3.1	Zdjęcia zmontowanego mostka . . . . .	10
3.2	Ułożenie elementów na płytce . . . . .	11
3.3	Wykaz elementów . . . . .	11

## Spis rysunków

1	Układ – idea . . . . .	3
2	Mostek typu <b>H</b> – idea . . . . .	4
3	Schemat połowy pierwszego mostka . . . . .	5
4	Schemat drugiej połowy pierwszego mostka . . . . .	6
5	Schemat połowy drugiego mostka . . . . .	6
6	Schemat drugiej połowy drugiego mostka . . . . .	7
7	Schemat regulatorów prądów w obu mostkach . . . . .	8
8	Schemat zasilacza . . . . .	9
9	Mostek – zdjęcie z przodu . . . . .	10
10	Mostek – zdjęcie z góry . . . . .	10
11	Mostek – zdjęcie z dołu . . . . .	11
12	Mostek – elementy montowane od góry . . . . .	11
13	Mostek – elementy montowane od spodu . . . . .	12
14	Mostek – połączenia kablowe (zworki) . . . . .	12
15	Mostek – ścieżki od góry płytki . . . . .	13
16	Mostek – ścieżki od spodu płytki . . . . .	13

# 1 Wstęp

W większości urządzeń mechanicznych powstaje potrzeba połączenia sterownika elektronicznego z układami mechanicznymi, jakimi są silniki prądu stałego albo silniki krokowe. Ogniwem łączącym te dwa elementy jest mostek MOCY, potrafiący dostarczyć silnikowi wystarczającą porcję energii, a jednocześnie wrażliwy na pobudzenie pochodzące od sterownika elektronicznego. Schemat ideowy takiego połączenia przedstawiony jest na rysunku 1.



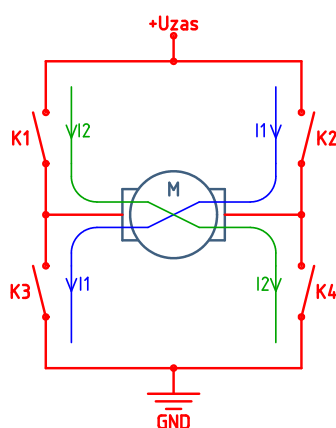
Rysunek 1: Układ – idea.

Poniżej zostanie przedstawiony mostek, opracowany na podstawie wcześniej powstałego układu elektronicznego wykorzystanego w mobilnym robocie dwukołowym **RoBik** [1]. Mostek został wykorzystany w robocie mobilnym **SUMO** nazywającym się **TirKiller**. Robot ten zajął pierwsze miejsce w **II Ogólnopolskich Zawodach Sumo Robotów**, które odbyły się na Politechnice Poznańskiej w 2005r.

## 2 Konstrukcja

Mostek MOCY jest oparty o konstrukcję typu **H** 2. Budowa mostka umożliwia regulację średniej wartości napięcia na zaciskach silnika (sterowanie prędkością obrotową silnika prądu stałego) albo regulację wartości prądu przepływającego przez silnik (sterowanie momentem siły). Wybierając jeden z trybów sterowania, stawiamy drugi tryb jako ogranicznik, czyli mamy sterowanie napięciowe z ograniczoną wartością prądu albo sterowanie prądowe z ograniczeniem napięcia.

Mostek posiada wewnętrzną pętlę ujemnego sprzężenia prądowego (regulator czuwający nad wartością prądu przepływającego przez silnik i porównujący go z wartością zadaną przez sterownik elektroniczny).



Rysunek 2: Mostek typu **H** – idea

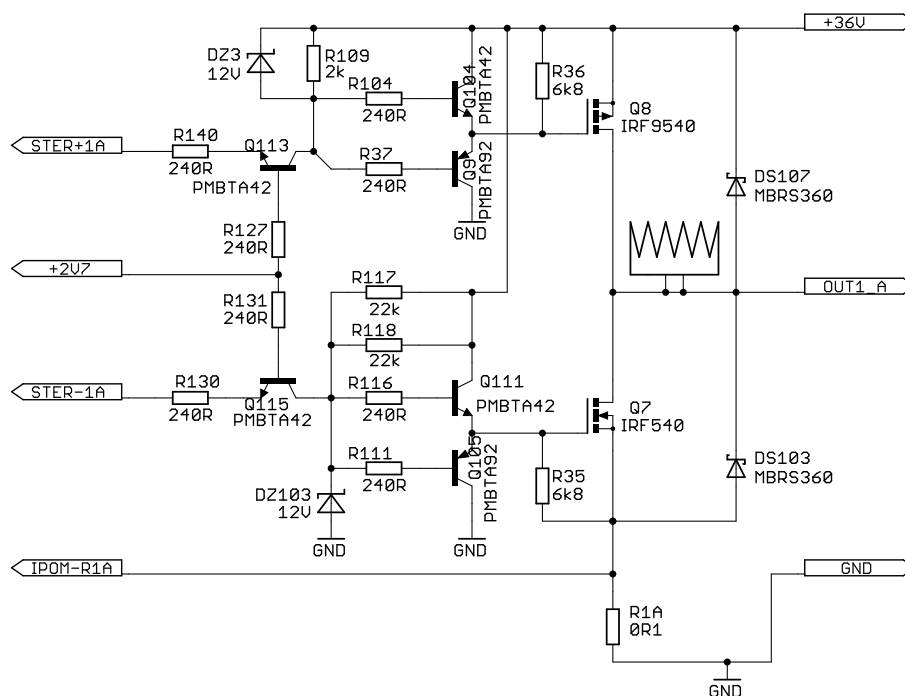
Mostek został podzielony na trzy grupy funkcjonalne:

- układy stopnia mocy (rysunki 3, 4, 5, 6),
- regulatory wartości prądu (rysunek 7),
- zasilacz – przetwornica impulsowa(rysunek 8).

### 2.1 Budowa stopnia mocy

Układ stopnia mocy składa się z czterech półmostków (rysunki 3, 4, 5, 6) które tworzą dwa pełne i niezależne mostki. Półmostki w idei konstrukcji niczym się nie różnią. Ich budowa oparta jest o parę tranzystorów mocy IRF540 i IRF9540, których bramki sterowane są za pośrednictwem tranzystorów bipolarnych PMBTA42 i PMBTA92 (wzmacniacz klasy C). Bazami tych tranzystorów steruje wzmacniacz **OB**, zbudowany na tranzystorze PMBTA42. Ponadto diody Zenera zabezpieczają bramki tranzystorów mocy przed zbyt wysokimi napięciami sterującymi. W tym miejscu warto zwrócić uwagę na wartość napięcia zasilania. Tranzystory IRF540 i IRF9540 mają maksymalne napięcie  $U_{GS_{max}} = \pm 20V$ , diody Zenera ograniczają to napięcie do 12V. Można śmiało zauważyć, że jeżeli napięcie zasilania wynosi około 12V lub mniej, to diod Zenera można nie montować. Elastyczność mostka to szeroki zakres wartości napięcia zasilania (ograniczeniem są tu tranzystory IRF540 i IRF9540, które poprawnie pracują od 8V do 80V). Warto jednak podczas montażu znać przybliżoną

wartość napięcia zasilania, tak by poprawnie dobrać wartość rezystancji **R117, R118, R120, R121, R123, R124, R125 i R126**, żeby przez diodę Zenera płynął prąd około  $2mA$  ( $R \cong \frac{U_{zas}-12V}{1mA}$ , w przybliżeniu można powiedzieć, że rezystancje te powinny mieć tyle  $k\Omega$ , ile wynosi różnica napięcia między napięciem zasilania, a diodą Zenera). **Ważne by rezystancja nie była mniejsza od  $1k\Omega$** . Jak już wartość rezystancji zostanie wybrana, należy zwrócić uwagę na moc wydzielaną w rezystorze  $P = \frac{U_{zas}^2}{R}$ . Jeżeli moc wyjdzie zbyt duża, można zwiększyć rezystancję albo zmienić rezystor na silniejszy.



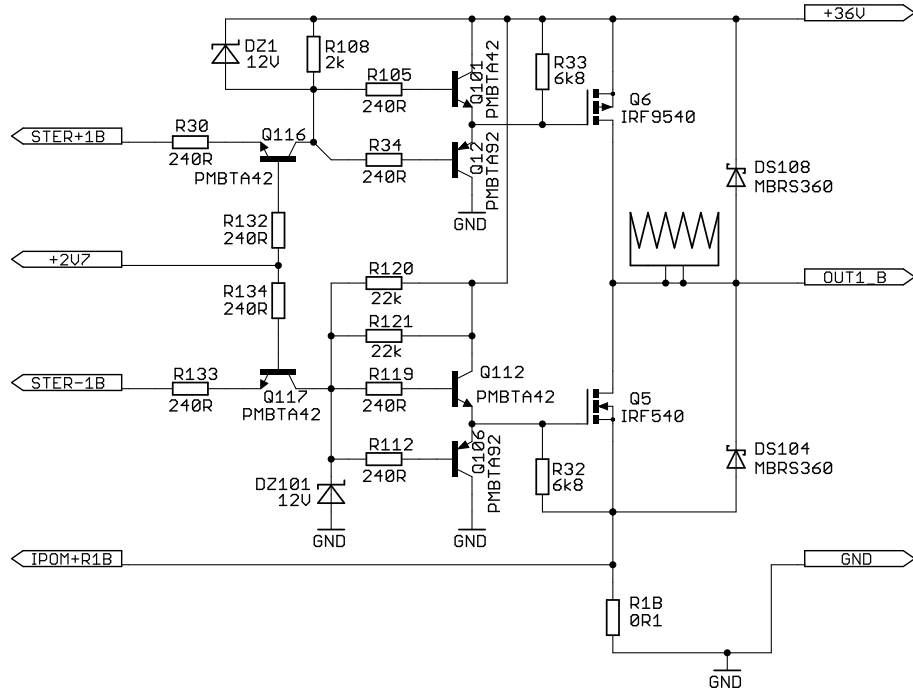
Rysunek 3: Schemat połowy pierwszego mostka

## 2.2 Budowa regulatora prądu

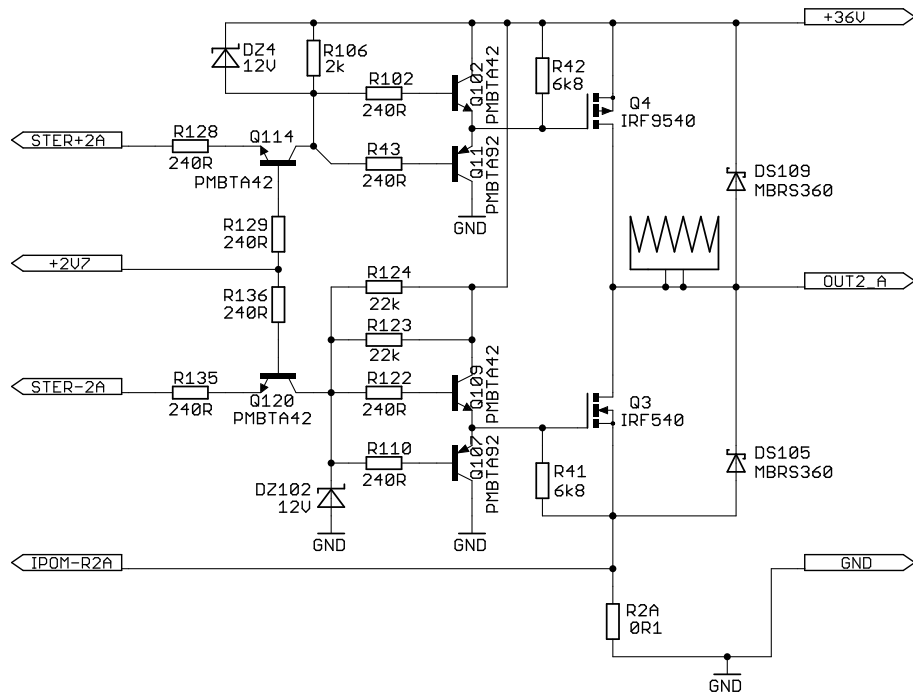
Regulator prądu oparty jest o komparator LM311, wzmacniacz różnicowy TL072 i układy czasowe 74HCT123. Wzmacniacz różnicowy odejmuje napięcia powstałe na dwóch rezystorach pomiarowych wskutek prądu płynącego przez mostek. Sygnał ten zostaje wzmacniony i podany na komparator, który porównuje go z wartością zadaną (napięciem na zacisku U1DAC lub U2DAC) i w zależności od znaku przełącza lub pozostawia stan mostka. Układy czasowe mają za zadanie jedynie zapewnić bezpieczeństwo i ograniczyć częstotliwość przełączeń mostka. W momencie przełączenia dodają zwłokę czasową podczas której mostek całkowicie się wyłącza (eliminuje to możliwość powstania sytuacji, w której jeden z tranzystorów jeszcze się nie wyłączył, a drugi już się włączył, tym samym robiąc zwarcie zasilania – zjawisko jest nieodwracalne, mostek spalony).

## 2.3 Budowa zasilacza

Cały mostek jest wyposażony w przetwornicę impulsową, która generuje niskie napięcia  $\pm 5V$  z napięcia zasilania. Oparta jest o monolityczny układ przetwornicy L4960 (**uwaga** maksymalne napięcie

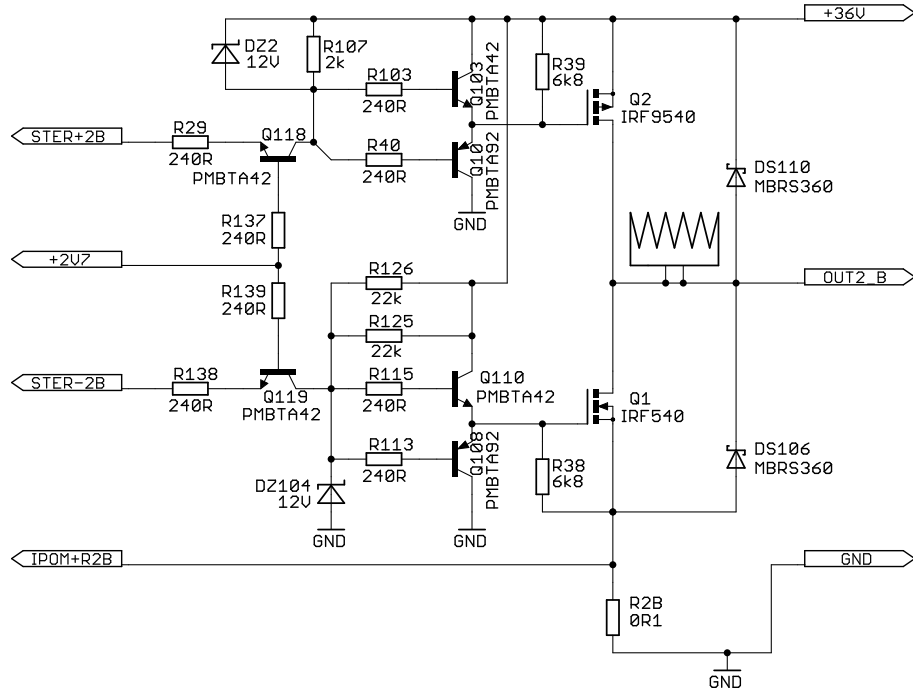


Rysunek 4: Schemat drugiej połowy pierwszego mostka



Rysunek 5: Schemat połowy drugiego mostka

zasilania przetwornicy to 40V, jeżeli mostek ma pracować dla wyższych napięć, należy z zewnątrz dostarczyć napięcia  $\pm 5V$ ) oraz liniowy stabilizator ujemnego napięcia LM1084-5. Przetwornica impuls-



Rysunek 6: Schemat drugiej połowy drugiego mostka

sowa współpracuje z transformatorem, który powstał wskutek nawinięcia drugiego uzwojenia na dławik  $125\mu H$ , 1A. Zwojów wtórny uzwojenia jest o 25% więcej niż na pierwotnym uzwojeniu. Jeżeli są dostępne z zewnątrz napięcia  $\pm 5V$  można nie montować bloku przetwornicy i stabilizatora.

## 2.4 Sygnały sterujące

Mostek posiada cztery złącza:

- zasilające (na rogu płytki, plus zasilania jest od strony rogu płytki),
- dwa silnikowe (obok radiatorów),
- sterujące (na środku płytki).

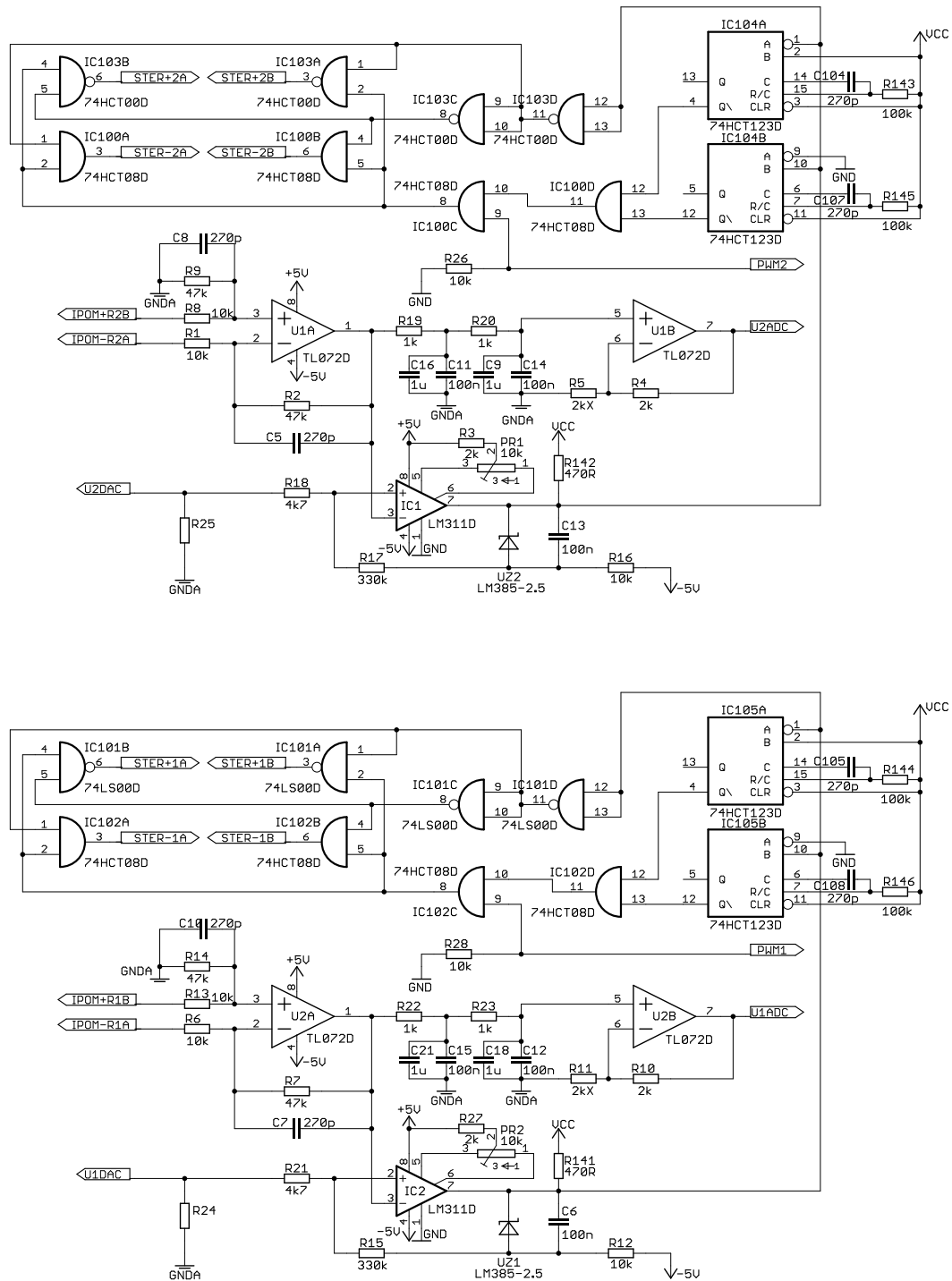
Z tych łączy należy skupić się na gnieździe sterującym. Opis pinów przedstawia tabela 1, warto zauważyć że gniazdo to jest symetryczne i obrócenie wtyczki spowoduje tylko zmianę silników. W tabelce są umieszczone strzałki:  $\rightarrow$  oznacza sygnał wychodzący z mostka i idący do sterownika, natomiast strzałka  $\leftarrow$  oznacza, że sygnał przychodzi od sterownika do mostka:

mostek (Out)  $\rightarrow$  sterownik (In),

mostek (In)  $\leftarrow$  sterownik (Out).

Warto zwrócić uwagę na sygnał *GND<sub>A</sub>*, który jest masą analogową przychodzącą od sterownika. Takie rozwiązanie ma za zadanie uniknięcia pasożytniczych napięć powstałych na przewodach masy *GND* służących do zasilania sterownika. Na płytce mostka opcjonalnie jest lutowana zworka, która łączy sygnały *GND<sub>A</sub>* i *GND*.

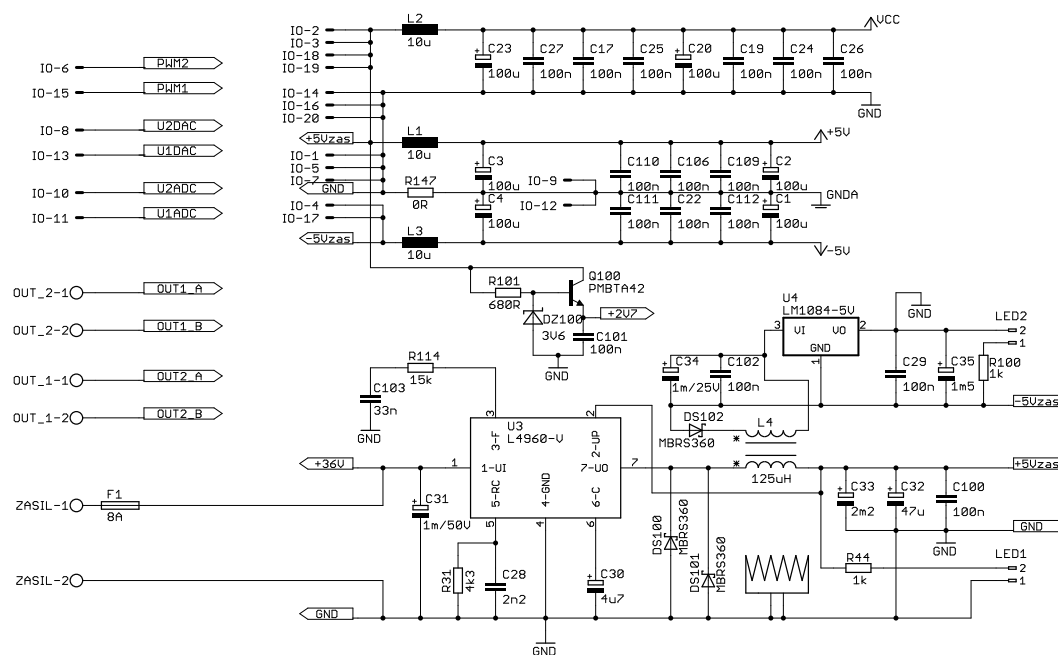




Rysunek 7: Schemat regulatorów prądów w obu mostkach

## 2.5 Sterowanie silnikiem krokowym bipolarnym

Do mostka można podłączyć dwa silniki prądu stałego i niezależnie nimi sterować. Można też podłączyć jeden silnik krokowy bipolarny (taki który ma tylko dwie cewki), odpowiednio jedną cewkę



Rysunek 8: Schemat zasilacza

Tablica 1: Gniazdo sterujące

STER (nr styku)	kierunek	nazwa sygnału
1,5,7,14,16,20	—	<i>GND</i>
2,3,18,19	→	+5V
4,17	→	-5V
9,12	←	<i>GND</i> A
11	→	<i>U1</i> ADC
13	←	<i>U1</i> DAC
15	←	<i>PWM</i> 1
10	→	<i>U2</i> ADC
8	←	<i>U2</i> DAC
6	←	<i>PWM</i> 2

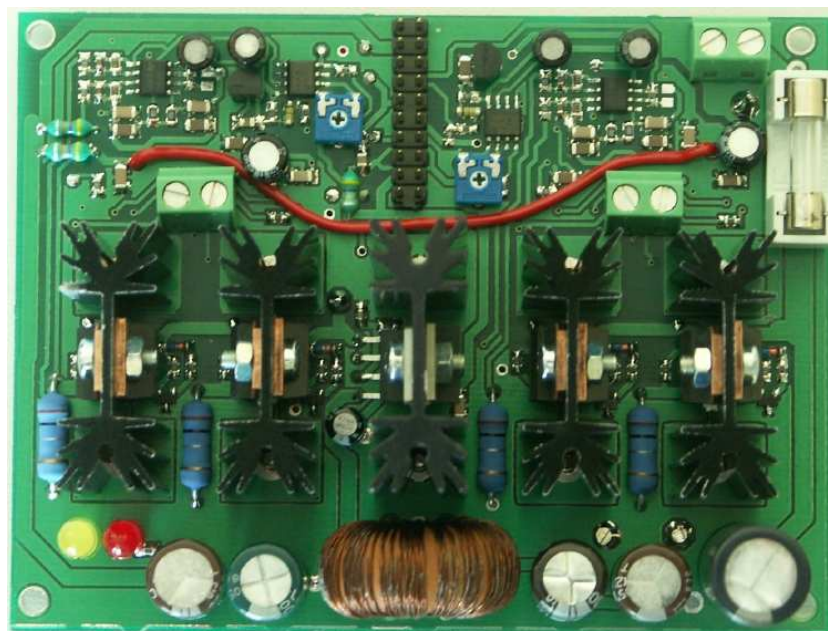
zamiast jednego silnika prądu stałego, a drugą cewkę zamiast drugiego silnika. W ten sposób można wymusić dowolny prąd w cewkach silnika krokowego, lecz by silnik zaczął pracować, prądy te muszą być między sobą zdeterminowane. Ponadto chcąc by silnik pracował gładko, należy płynący prądy zmieniać o bardzo małą wartość (praca mikrokrokowa). Podsumowując, prąd w pierwszej cewce powinien mieć przebieg zbliżony do  $\sin(At)$ , a druga cewka powinna mieć przebieg zbliżony do  $\pm\cos(At)$ , gdzie znak oznacza kierunek obrotu silnika.

### 3 Montaż

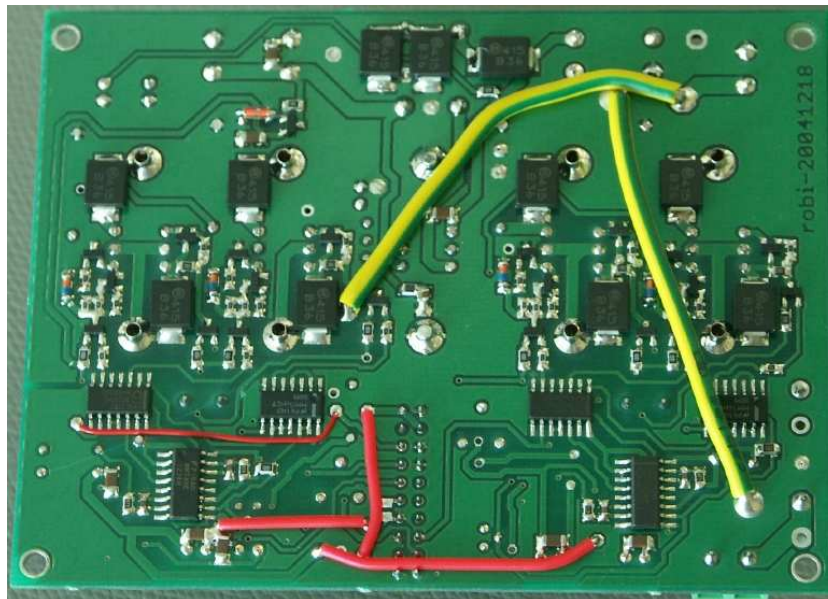
#### 3.1 Zdjęcia zmontowanego mostka



Rysunek 9: Mostek – zdjęcie z przodu

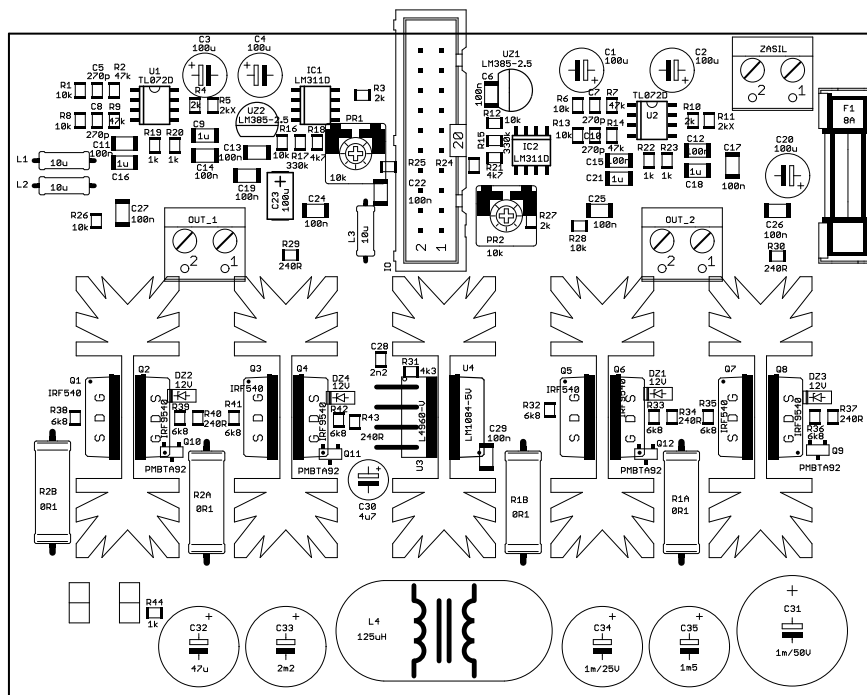


Rysunek 10: Mostek – zdjęcie z góry



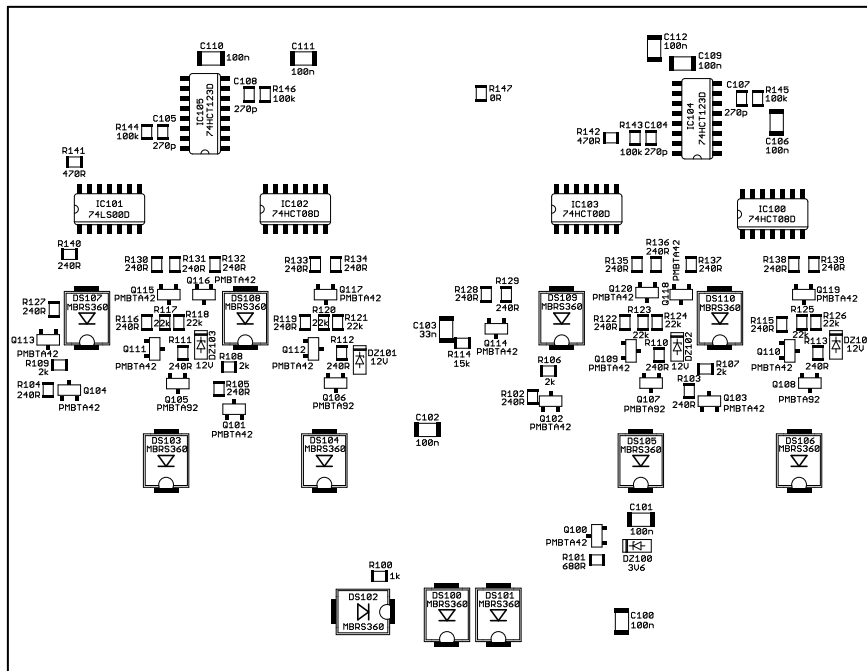
Rysunek 11: Mostek – zdjęcie z dołu

### 3.2 Ułożenie elementów na płycie

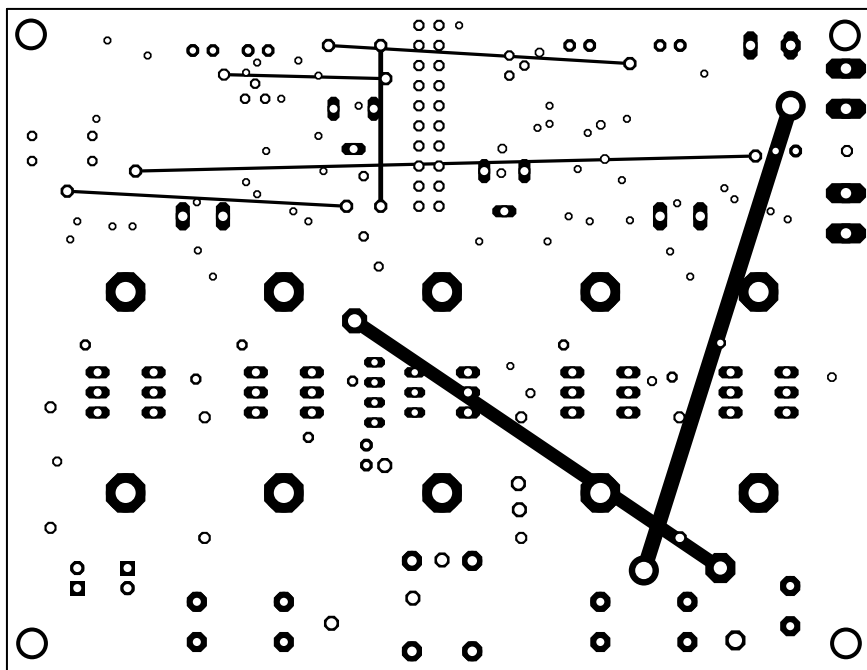


Rysunek 12: Mostek – elementy montowane od góry

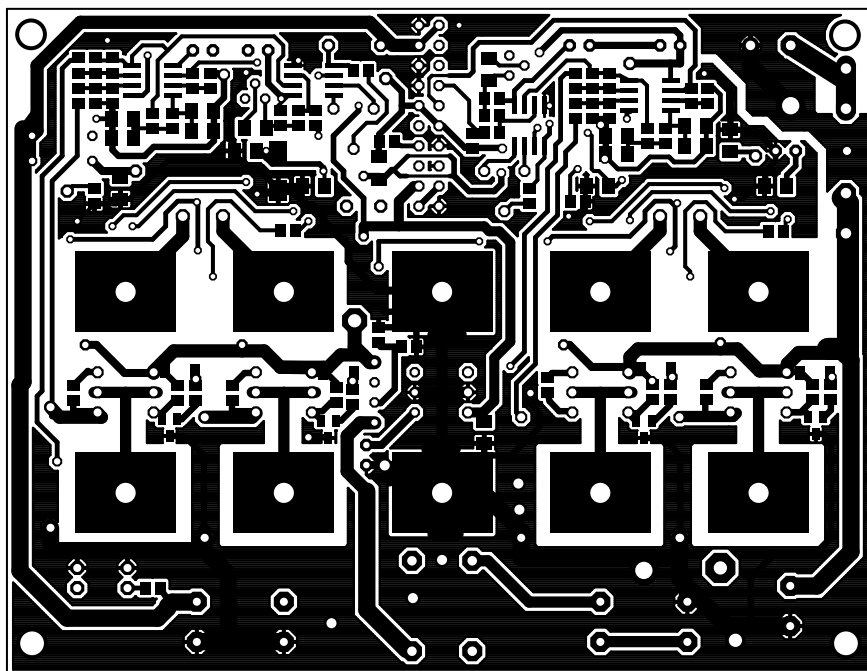
### 3.3 Wykaz elementów



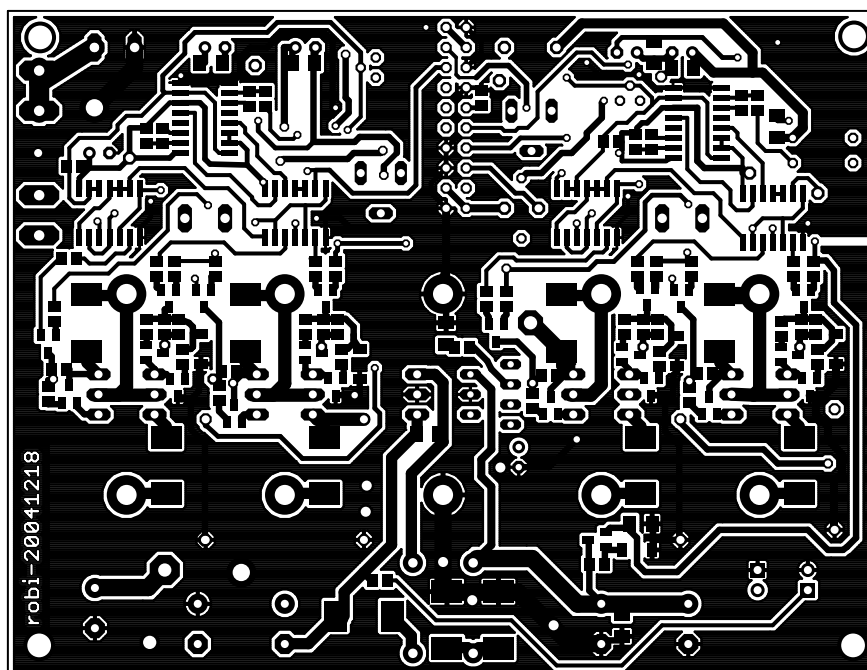
Rysunek 13: Mostek – elementy montowane od spodu



Rysunek 14: Mostek – połączenia kablowe (zworki)



Rysunek 15: Mostek – ścieżki od góry płytki



Rysunek 16: Mostek – ścieżki od spodu płytki

Tablica 2: Wykaz elementów elektronicznych pasywnych

Ilość	Wartość	Obudowa	Element
1	20pin	ML20E	IO
3	Fenix	W237-02P	OUT_1, OUT_2, ZASIL
5	Radiator	RADIATOR-TO220	G1, G2, G3, G4, G5
1	8A	SHK20L	F1
1	2200 $\mu F$	CPOL-EUE5-10.5	C33
1	1500 $\mu F$	CPOL-EUE5-10.5	C35
1	1000 $\mu F$ /50V	CPOL-EUE5-13	C31
1	1000 $\mu F$ /25V	CPOL-EUE5-10.5	C34
1	100 $\mu F$	CPOL-EUCT6032	C23
5	100 $\mu F$	CPOL-EUE2.5-6	C1, C2, C3, C4, C20
1	47 $\mu F$	CPOL-EUE5-10.5	C32
1	4,7 $\mu F$	CPOL-EUE2.5-5	C30
4	1 $\mu F$	C-M1206	C9, C16, C18, C21
22	100nF	C-M1206	C6, C11, C12, C13, C14, C15, C17, C19, C22, C24, C25, C26, C27, C29, C100, C101, C102, C106, C109, C110, C111, C112
1	33nF	C-M1206	C103
1	2,2nF	C-M0805	C28
8	270pF	C-M0805	C5, C7, C8, C10, C104, C105, C107, C108
2	NU	R-EU_M0805	R24, R25
1	0 $\Omega$	R-EU_M0805	R147
4	0,1 $\Omega$	R-EU_0613/15	R1A, R1B, R2A, R2B
32	240 $\Omega$	R-EU_M0805	R29, R30, R34, R37, R40, R43, R102, R103, R104, R105, R110, R111, R112, R113, R115, R116, R119, R122, R127, R128, R129, R130, R131, R132, R133, R134, R135, R136, R137, R138, R139, R140
2	330k $\Omega$	R-EU_M0805	R15, R17
2	470 $\Omega$	R-EU_M0805	R141, R142
1	680 $\Omega$	R-EU_M0805	R101
6	1k $\Omega$	R-EU_M0805	R19, R20, R22, R23, R44, R100
8	2k $\Omega$	R-EU_M0805	R3, R4, R10, R27, R106, R107, R108, R109
2	2Xk $\Omega$	R-EU_M0805	R5, R11
1	4,3k $\Omega$	R-EU_M0805	R31
2	4,7k $\Omega$	R-EU_M0805	R18, R21
8	6,8k $\Omega$	R-EU_M0805	R32, R33, R35, R36, R38, R39, R41, R42
8	10k $\Omega$	R-EU_M0805	R1, R6, R8, R12, R13, R16, R26, R28
1	15k $\Omega$	R-EU_M0805	R114
8	22k $\Omega$	R-EU_M0805	R117, R118, R120, R121, R123, R124, R125, R126
4	47k $\Omega$	R-EU_M0805	R2, R7, R9, R14
4	100k $\Omega$	R-EU_M0805	R143, R144, R145, R146
2	10k $\Omega$	CA6V	PR1, PR2
1	125 $\mu H$	L-D	L4
3	10 $\mu H$	L-EU0207/7	L1, L2, L3

Tablica 3: Wykaz elementów elektronicznych aktywnych

Ilość	Wartość	Obudowa	Element
2	LED	ZL2-2	LED1, LED2
11	MBRS360	SCHOTTKY30BQ100-D	DS100, DS101, DS102, DS103, DS104, DS105, DS106, DS107, DS108, DS109, DS110
1	3,6V	ZENERSOD-80	DZ100
8	12V	ZENERSOD-80	DZ1, DZ2, DZ3, DZ4, DZ101, DZ102, DZ103, DZ104
2	LM385-2.5	LM385-Z	UZ1, UZ2
4	IRF540	IRF540	Q1, Q3, Q5, Q7
4	IRF9540	IRF9530	Q2, Q4, Q6, Q8
17	PMBTA42	PMBTA42-SOT23	Q100, Q101, Q102, Q103, Q104, Q109, Q110, Q111, Q112, Q113, Q114, Q115, Q116, Q117, Q118, Q119, Q120
8	PMBTA92	PMBTA92-SOT23	Q9, Q10, Q11, Q12, Q105, Q106, Q107, Q108
1	74HCT00D	74HCT00D	IC101, IC103
2	74HCT08D	74HCT08D	IC100, IC102
2	74HCT123D	74LS123D	IC104, IC105
2	LM311D	LM311D	IC1, IC2
2	TL072D	TL072D	U1, U2
1	L4960-V	L4960-V	U3
1	LM1084-5V	LM1084-T	U4



## Literatura

- [1] Robert Szlawski, Marek Wnuk, *Konstrukcja dwukołowego robota mobilnego RoBik*, Raport SPR 12/2004, Inst. Cyb. Techn. PWr, 2004.
- [2] <http://www.irf.com/>
- [3] <http://www.analog.com/>
- [4] *L4960 power switching regulator datasheet* SGS-Thomson 1995.