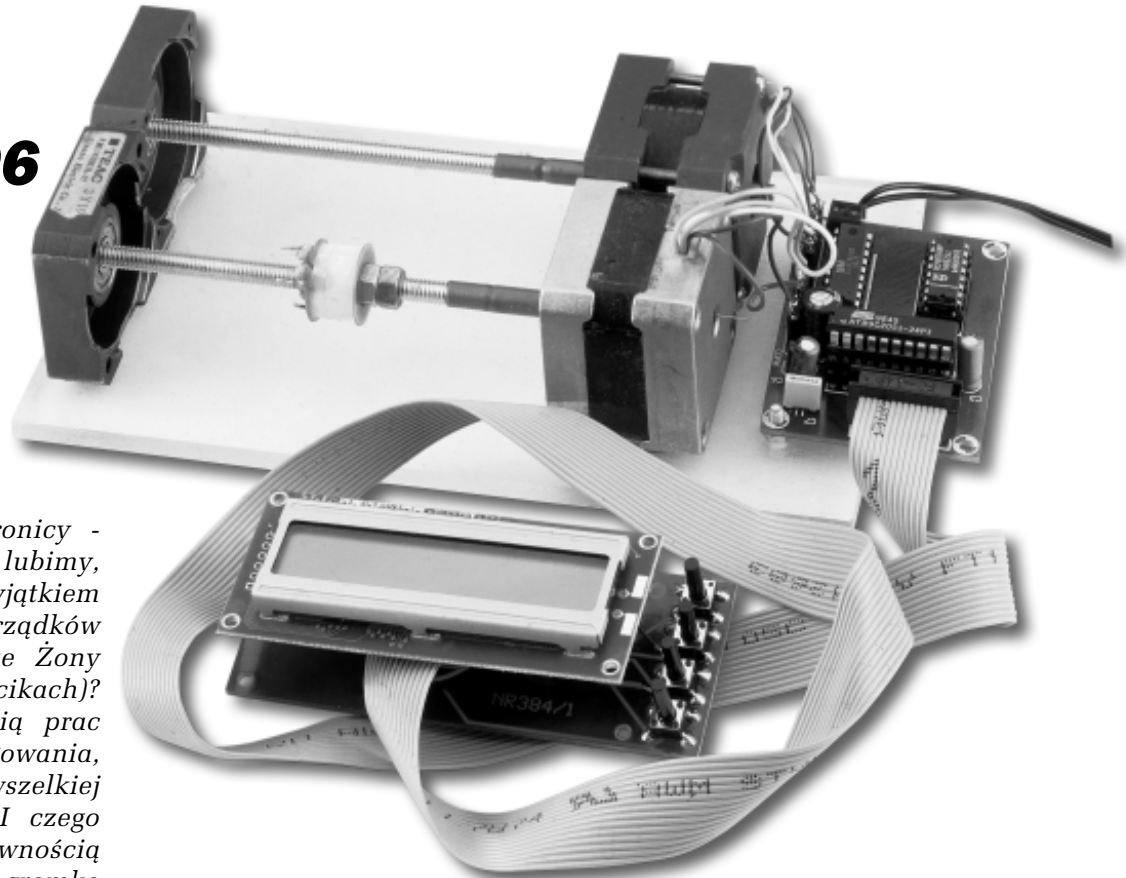


Automatyczna nawijarka cewek

kit AVT-896



Czego my - elektronicy - najbardziej nie lubimy, (oczywiście z wyjątkiem przymusowych porządków robionych przez nasze Żony w naszych warsztacikach)? Z pewnością prac mechanicznych, piłowania, wiercenia i w ogóle wszelkiej pracy fizycznej. I czego jeszcze? Z pewnością większość z Was gromko zakrzyknie: nawijania cewek!

Nawijanie cewek nie jest miłym zajęciem i ja sam zrezygnowałem z wykonania wielu układów tylko z jednego powodu: ponieważ musiałbym nawinąć kilka cewek. Pół biedy, jeżeli w opisie urządzenia napisane jest „kilkanaście zwojów...“. Gorzej, jeżeli spotykamy się z opisem następującym: „...Z1 - 123 zwoje przewodu jakiegoś tam..., ...Z2 - 324 zwoje przewodu jakiegoś innego..., ...Z3 - 87 zwojów przewodu znowu innego...“

Takie cewki są praktycznie nie do wykonania w warunkach domowego warsztatu, bo chyba mało kto z nas dysponuje nawijarką do cewek. A właściwie, dlaczego nie dysponuje? Przecież takie urządzenie, i to o dość przyzwoitych parametrach, możemy wykonać sami w bardzo krótkim czasie i bez wielkich kosztów?

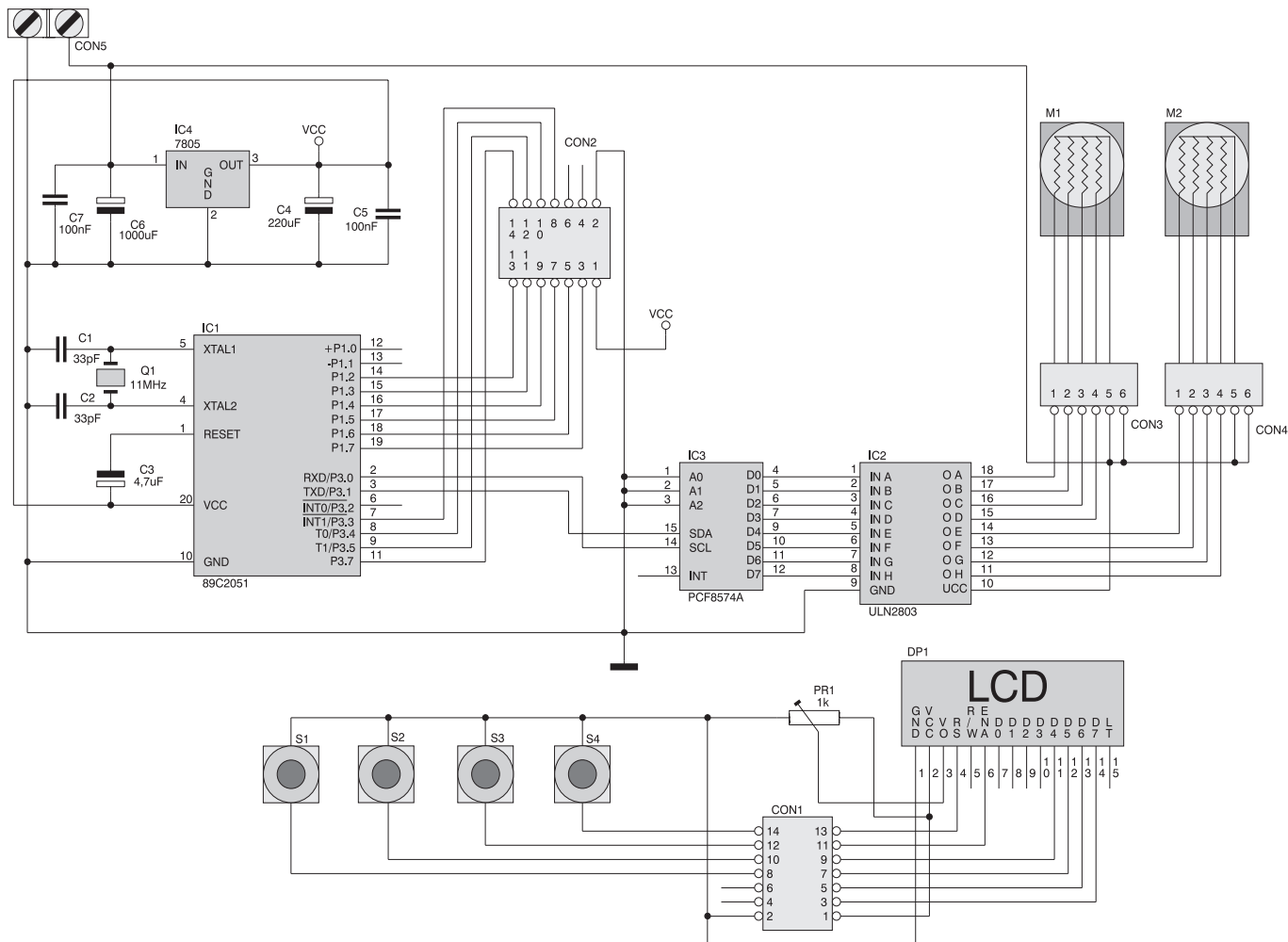
Proponowany układ jest połączeniem prostego systemu mikroprocesorowego z banalnie prostym i łatwym do wykonania układem mechanicznym. Może służyć do nawijania cewek o praktycznie do-

wolnej liczbie zwojów (do 65536, z możliwością zwiększenia tej wartości), o dowolnej liczbie warstw, drutem o średnicy od 0,01mm do 1mm. Celowo piszę „cewek“, a nie transformatorów, ponieważ moc silnika zastosowanego w układzie prototypowym jest zbyt mała, aby umożliwić nawijanie transformatorów o większych wymiarach.

Chciałbym, aby Czytelnicy potraktowali ten projekt trochę inaczej niż dotychczasowe. Potraktujcie go przede wszystkim jako interesujący przykład znakomitego „przełożenia“ pomiędzy elektroniką i mechaniką umożliwiające przez silniki krokowe. Mój projekt może być bowiem tylko przykładowym, inspirującym podobne rozwiązania.

Tab. 1.

Krok	Cewka 1	Cewka 2	Cewka 3	Cewka 4
1	Zasilona	Wył.	Wył.	Wył.
2	Wył.	Zasilona	Wył.	Wył.
3	Wył.	Wył.	Zasilona	Wył.
4	Wył.	Wył.	Wył.	Zasilona



Rys. 1. Schemat elektryczny nawijarki.

Program obsługujący nawijarkę został napisany i skompilowany z wykorzystaniem pakietu BASCOM8051 Special Edition for Elektronika Praktyczna, dostępnego na naszej stronie internetowej www.ep.com.pl. Komfortowe środowisko pracy BASCOM-a i zawarte w języku MCS BASIC liczne ułatwienia pozwoliły na napisanie tego programu w ciągu kilku godzin, co powinno być zachętą do jego modyfikowania i dokonywania eksperymentów z silnikami krokowymi sterowanymi z systemów mikroprocesorowych.

Do wykonania nawijarki wykonałem dwa popularne czterofazowe silniki krokowe, pochodzące najprawdopodobniej z demontażu złomowych stacji dysków 5,25". Silniki takie można z łatwością nabyć na licznych giełdach elektronicznych i wyprzedających wyeksploatowanego sprzętu za kilka złotych.

Opis działania

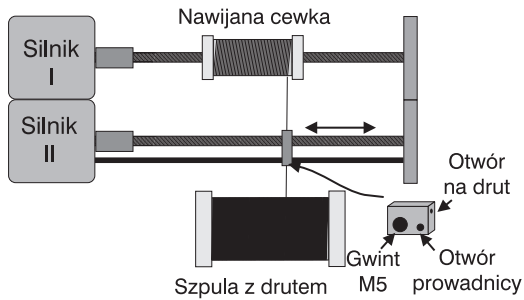
Schemat układu elektronicznego nawijarki do cewek został pokazany na rys. 1. „Sercem” układu jest zaprogramowany procesor typu AT89C2051. Procesor ten, tani i łatwo dostępny, ma pewną wadę: małą liczbę wyprowadzeń - zaledwie 15. Do sterowania dwoma silnikami krokowymi trzeba by było 8 wyprowadzeń. Wyświetlacz alfanumeryczny, niezbędny do zapewnienia

choćby minimalnego komfortu obsługi urządzenia, wykorzystuje kolejne 6 pinów.

Ponieważ sterowanie pracą nawijarki za pomocą jednego tylko wejścia byłoby nieco skomplikowane, postanowiłem zainstalować w systemie magistralę I²C i dodatkowy układ, będący konwerterem I²C - równoległą szyną danych. Układem tym (IC3) jest popularna kostka PCF8574 produkcji Philipsa.

```

List. 1.
Sub Iturn 'podprogram wykonujący 1 obrót silnika krokowego
Motor1 = 128 'nadanie wstępnej wartości zmiennej wysyłanej do PCF8574. Wykonanie tej
For R = 1 To 100 'linii programu spowoduje powstanie stanu wysokiego na wyjściu D7 IC3
    I2csend 112 , Motor1 'aby uzyskać obrót silnika o 360 stopni należy poniższe czynności
    'powtórzyć sto razy:
    I2cwrite 7 , Motor1 'wyslij do PCF8574 zmienną MOTOR1
    Waitms 7 'zaczekaj 7 ms (największa możliwa prędkość obrotowa)
    Shift Motor1 , Right , 1 'przesuń wartość zmiennej MOTOR1 o 1 bit w prawo
    If Motor1 = 8 Then 'jeżeli wartość zmiennej MOTOR1 równa 8 to:
        Motor1 = 128 'zmienna MOTOR1 przyjmuje wartość 8
    End If 'koniec warunku
Next R
If Directionflag = 0 Then 'jeżeli wartość zmiennej pomocniczej DIRECTIONFLAG równa 0 to:
    Call Motor2_right 'wezij podprogram przesuwania przewodnicy przewodu w prawo
Else 'w przeciwnym wypadku:
    Call Motor2_left 'wezij podprogram przesuwania przewodnicy przewodu w prawo
End If 'koniec warunku
End Sub 'koniec podprogramu
    
```



Rys. 2. Zasada działania nawijarki.

Ponieważ zasilanie cewek silnika krokowego bezpośrednio z wyjść układu PCF8574 jest niemożliwe, dodałem jeszcze jeden układ scalony, także dobrze wszystkim znany bufor mocy, zawierający w swojej strukturze 8 tranzystorów Darlingtona (układ typu ULN2803). Dodanie bufora o znacznym dopuszczalnym prądzie (do 500mA na kanał) i napięciu kolektor-emiter pozwala na ewentualne zwiększenie mocy silników przez zwiększenie wartości napięcia zasilającego.

Pozostała część układu to typowo skonstruowany zasilacz stabilizowany, dołączany za pomocą złącza CON1/CON2 wyświetlacz alfanumeryczny LCD oraz (umieszczone na osobnej płytce) cztery przyciski sterujące S1..S4.

Zanim przejdziemy do opisu działania układu i sterującego nim programu, zastanówmy się, jakie zadania będzie musiał wykonać sterujący silnikami procesor. Popatrzmy zatem na **rys. 2**, na którym pokazano blok mechaniczny nawijarki.

Na wale silnika krokowego i osadzona będzie nawijana cewka. Sterowanie tym silnikiem będzie stosunkowo łatwe: będzie on musiał po prostu wykonywać żadaną liczbę obrotów i zatrzymać się. Sterowanie silnikiem czterofazowym także jest stosunkowo łatwe: aby wprawić go w ruch, wystarczy cyklicznie zasilać jego cewki. Na cykl pracy tego silnika składają się cztery kroki (**tab. 1**).

Załóżmy, że głównym silnikiem, na którego wale osadzona jest nawijana cewka jest M2 (rys. 1). A zatem, aby wprawić go w ruch należy wykonać podprogram z **list. 1** i powtórzyć go tyle razy, ile obrotów ma wykonać silnik.

Wiemy już, co należy zrobić, aby nawinać na cewkę dokładnie tyle zwojów, ile potrzebujemy. Program poprosi nas o podanie tej wartości, a następnie odpowiednią liczbę razy wykona podprogram przedstawiony na **list. 2**.

W zasadzie jest to już wszystko. Po uzyskaniu danych o liczbie zwojów w nawijanej cewce wystarczyłoby napisać:

```
"FOR [zmienna pomocnicza] = 1 to TURNS
: CALL 1TURN : NEXT"
```

aby uzyskać obrót wału silnika i możliwość nawinięcia cewki najprostszym sposobem: przy trzymaniu nawijanego przewodu w palcach. Jest to metoda dobra, ale w przypadku cienkiego drutu nawojowego dość trudna. Ponadto, nawijanie cewki o większej liczbie zwojów może trwać, z uwagi na niewielką prędkość obrotową silników krokowych, nawet kilka minut i trzymanie przewodu w palcach byłoby nieco męczące. Dlatego też rozbudowałem układ nawijarki o drugi silnik, którego zadaniem jest równomierne układanie nawijanego przewodu w kolejnych warstwach cewki.

Popatrzmy znowu na **rys. 2**. Do wału silnika II przymocowany został współosiowo nagwintowany pręt - w wykonaniu modelowym po prostu długa śruba M5. W najprostszym przypadku nawijany przewód dociskamy po prostu do gwintu śruby, który będzie przesunął go w prawo lub w lewo, w zależności od kierunku obrotów silnika. W ten prosty sposób możemy uzyskać idealnie równe układanie zwo-

jów w cewce, a także zmianę kierunku ich układania po nawinięciu każdej kolejnej warstwy. A zatem program sterujący pracą nawijarki będzie potrzebował jeszcze dwóch informacji: o liczbie zwojów w każdej warstwie i o średnicy nawijanego drutu (liczba warstw zostanie obliczona automatycznie). Informacje te wprowadzane są w podobny sposób, jak dane o liczbie zwojów, z tym, że średnicę drutu nawojowego podajemy w setnych częściach milimetra. Znając skok gwintu śruby program potrafi już obliczyć, o jaki kąt musi się ona obrócić, aby po nawinięciu każdego zwoju przesunąć przewód na odległość równą jego średnicy. A zatem wprowadzamy dwie nowe zmienne: LAYER - określającą liczbę zwojów w warstwie i DIAMETER - umożliwiającą obliczenie liczby kroków, jaką ma wykonać silnik w celu przesunięcia drutu po nawinięciu kolejnej warstwy.

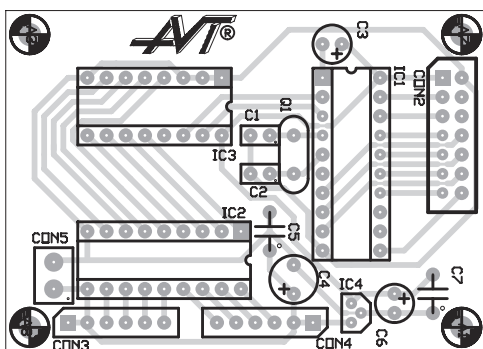
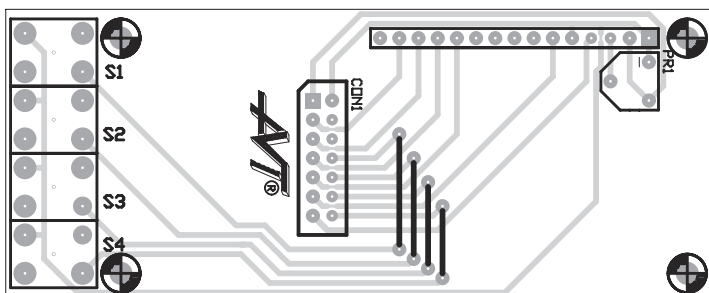
Montaż i uruchomienie

Na **rys. 3** pokazano rozmieszczenie elementów na powierzchni dwóch płytek drukowanych wykonanych na laminacie jednostronnym. Montaż rozpoczniemy od płytki wyświetlacza wlotowując cztery zworki, których nie udało mi się uniknąć. Następnie wlotowujemy **od strony ścieżek** rząd goldpinów, który posłuży do zamocowania wyświetlacza oraz, także **od strony ścieżek**, cztery przyciski S1..S4. Złącze CON1 i potencjometr montażowy PR1 lutujemy już „normalnie“ i po przyłutowaniu do wyświetlacza złącza szufladkowego rozpoczynamy montaż płytki bazowej.

List. 2.

```
Cls 'wyczyść ekran wyświetlacza
Lcd "Ilość zwojow?:"; 'wyświetl komunikat zachęty

Do
Locate 1 , 11
Lcd " "
Locate 1 , 11
Lcd Turns 'wyświetl wartość zmiennej TURNS określającej liczbę zwojów do nawinięcia
Waitms 250 'zaczekaj 250 ms
Set S1 'ustaw stan wysoki na przycisku S1
If S1 = 0 Then 'jeżeli przycisk naciśnięty to:
Incr Turns 'zwiększ wartość zmiennej TURNS
End If 'koniec warunku
Set S2 'ustaw stan wysoki na przycisku S2
If S2 = 0 Then 'jeżeli przycisk naciśnięty to:
Decr Turns 'zmniejsz wartość zmiennej TURNS
End If 'koniec warunku
Set S4 'ustaw stan wysoki na przycisku S4
If S4 = 0 Then 'jeżeli przycisk naciśnięty to:
Exit Do 'wyjdź z pętli i podprogramu
End If 'koniec warunku
Loop
```



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanych.

Montaż większej płytki przeprowadzamy już całkowicie typowo, rozpoczynając od wlutowania podstawek pod układy scalone, a kończąc na wlutowaniu kondensatorów elektrolitycznych. Obie płytki łączymy ze sobą za pomocą przewodu taśmowego zapoatrzonego w dwa zaciskane wtyki.

Kłopotliwe może być dołączenie do układu silników krokowych, a właściwie ustalenie kolejności wyprowadzeń tych silników. Niestety, nie obowiązują tu żadne reguły. Kolory przewodów wychodzących z silnika dobierane są przez ich producentów całkowicie dowolnie. Musimy zatem najpierw zlokalizować za pomocą omiornika przewód (lub dwa przewody) wspólne dla wszystkich cewek. Oporność pomiędzy przewodem wspólnym a końcami cewek powinna być identyczna i zwykle wynosi ok. 50..70Ω. Kolejność dołączenia cewek do układu możemy ustalić jedynie doświadczalnie. W tym celu wkładamy procesor i pozostałe układy w podstawki i dołączamy zasilanie. Po chwili na ekranie wyświetlacza alfanumerycznego powinien ukazać się napis informujący o konieczności podania liczby zwojów wykonywanej cewki. Ustawiamy jak największą liczbę

zwojów (rys. 4), aby mieć maksymalnie dużo czasu na ustalenie kolejności połączenia cewek z układem.

Po ustaleniu kolejności połączeń uzwojeń silników krokowych dołączamy je na stałe do układu i przeprowadzamy pierwsze próby. Powtórnie włączamy zasilanie, podajemy liczbę zwojów, liczbę zwojów w warstwie (rys. 5) oraz średnicę drutu nawojowego (rys. 6). Wartości zwiększamy za pomocą przycisku S1, zmniejszamy przyciskiem S2, a potwierdzamy przyciskiem S4. Po wprowadzeniu danych na ekranie wyświetlacza pojawia się pytanie, czy rozpoczynamy nawijanie cewki, czy też jeszcze skorygujemy podane wartości. Klawiszem S4 możemy uruchomić program nawijania cewki, natomiast naciśnięcie przycisku S3 spowoduje powrót układu do procedury wprowadzania danych. Proces nawijania cewki możemy w każdej chwili przerwać za pomocą klawisza S4.

Zbigniew Raabe, AVT
zbigniew.raabe@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP11/2000 w katalogu PCB.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

PR1: potencjometr montażowy miniaturowy 1kΩ

Kondensatory

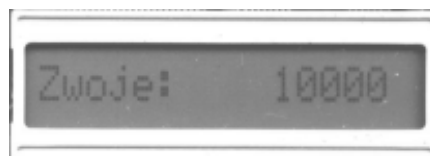
C1, C2: 33pF
 C3: 4,7μF/10V
 C4: 220μF/10V
 C5, C7: 100nF
 C6: 1000μF/16V

Półprzewodniki

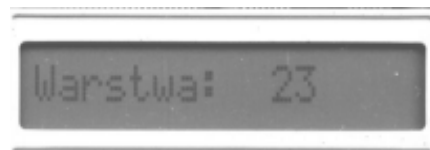
IC1: zaprogramowany procesor AT89C2051
 IC2: ULN2803
 IC3: PCF8574A
 IC4: 7805

Różne

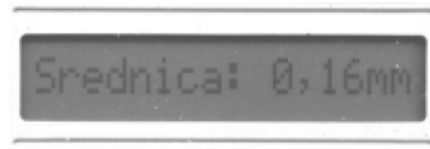
Q1: rezonator kwarcowy 11,059MHz
 Wyświetlacz alfanumeryczny 16*1
 CON1, CON2: 7x2 goldpin, 2 wtyki zaciskane na kablu 14 pin, odcinek przewodu taśmowego
 CON5: RRK2 (3,5mm)
 S1..S4 przycisk microswitch Goldpin 16 pin
 Złącze szufladkowe 16 pin



Rys. 4. Okno konfiguracji liczby zwojów



Rys. 5. Okno konfiguracji liczby warstw.



Rys. 6. Ustalenie średnicy drutu nawojowego.