



Po prostu... trawiarka

Trawiarka to urządzenie, które wielu elektronikom może wydać się niezbyt potrzebnym dodatkiem, zajmującym sporo miejsca w warsztacie. Jak już sama nazwa wskazuje, trawiarka jest wykorzystywana podczas pewnego etapu wykonywania płytek drukowanych domowym sposobem, mianowicie podczas trawienia przygotowanych odpowiednio „półproduktów”. Jeśli wyniki mają być nienaganne, trawiarka jest dużą pomocą. Naprawdę szkoda, że moja trawiarka powstała tak późno! Teraz to jest naprawdę wygodą i przyjemnością, a nawet mały luksus!

Proces powstawania płytki drukowanej

Zanim przystąpię do szczegółowego opisu budowy trawiarki, chciałbym w skrócie przypomnieć proces wykonywania płytek drukowanych w domu, dodając trochę swoich uwag. Zanim bowiem powstanie dobrej jakości płytka, trzeba każdy z etapów wykonać bardzo starannie. Na pewno początki są trudne, ale warto popробować, bo efekty, jakie możemy osiągnąć w domowych warunkach, są naprawdę znakomite. Oto poszczególne etapy.

1. Zaprojektowanie mozaiki połączeń – **fotografia 1**. Program, jakiego do tego użyjemy, jest właściwie dowolny, może to być nawet zwykły program graficzny Paint z Windowsa, jednak zdecydowanie lepiej nadaje się typowo stworzony do tego celu np. EaglePCB, KiCad, EasyTrax, Protel, Altium czy nawet ExpressPCB bądź Sprint Layout. Ja ćwiczę Protela, który daje znakomite rezultaty. **Fotografia 2** poka-

zuje przykłady płytek wykonanych według mojego projektu w firmie AVT.

Przy projektowaniu chciałbym zwrócić uwagę na **grubości ścieżek: starajmy się je projektować jak najgrubsze**.

Piszę o tym specjalnie, przykład widać choćby na **fotografii**

3 (płytki po prawej stronie). **Zbyt cienkie ścieżki mogą zostać podtrawione lub całkowicie „zniknąć” z naszej płytki.**

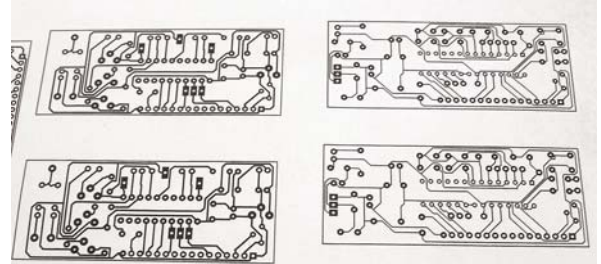
Kiedy korzystamy z gotowych projektów płytek np. z Internetu, warto zrobić wstępny wydruk i „przymierzyć”, czy pasują układy scalone. Miałem kilka przykrych przypadków i dlatego o tym wspominam. Trzeba wtedy zrobić korekty wymiarowe podczas wydruku.

2. Wydruk – **fotografia 4**. Potrzebujemy wydruku z drukarki laserowej z **maksymalną „wydajnością” tonera**. Można skorzystać z pobliskiego punktu ksero i „przekserować” wydruk z drukarki atramentowej. Ale uwaga: maszyny te są przeważnie ustawione na tryb ekonomiczny. **Trzeba poprosić o przestawienie, żeby jak najwięcej tonera zostało przeniesione na papier lub folię transferową.**

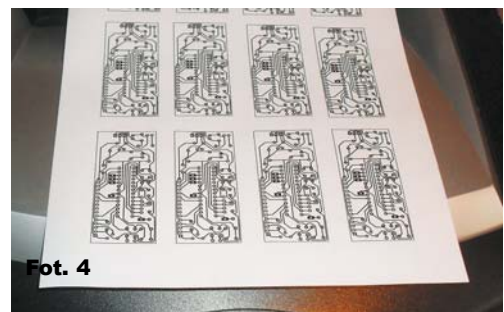
Folia jest bardzo praktycznym rozwiązaniem, a z kolei z papierem

jest dużo więcej roboty przy „wywoływaniu”. Ja wypraktykowałem papier półkredowy satynowy. Można go dostać w lepszych sklepach papierniczych pakowany po np. 10 arkuszy.

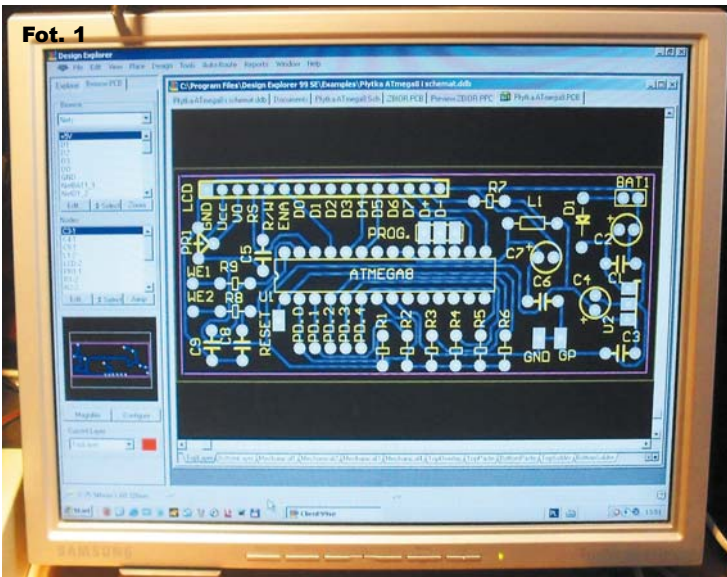
3. Żelazko czy laminatorka. W tym etapie należy przenieść toner na właściwie przygotowaną płytkę laminatu. Robieniem płytki żelazkiem i na maszynie do gotowania, ale obecnie mam specjalnie do tego przerobioną laminatorkę, pokazaną na **fotografii 5**. Przeróbka polegała na umieszczeniu jej „wnętrznosci” na drewnianej podstawie i zmianie wartości jednego rezystora przy



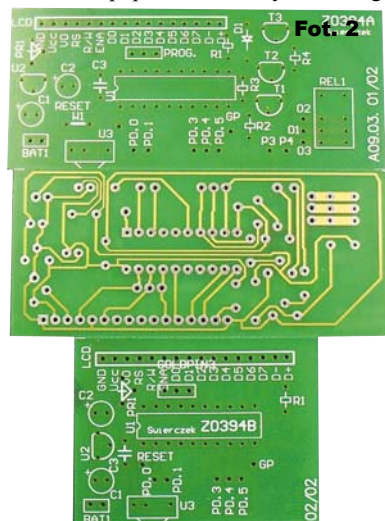
Fot. 3



Fot. 4



Fot. 1



Fot. 2



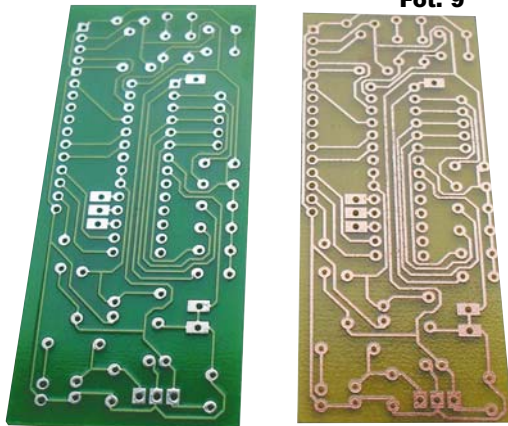
Fot. 5

potencjometrze tak, aby uzyskać temperaturę walców ok. 180 stopni. Moja nagrzewa się do tej temperatury po ok. 15 minutach. Tu dwie uwagi. Laminat trzeba bardzo dobrze odłuszczyć, ja robię to mleczkiem do czyszczenia i gąbką-zmywaczem (papier ścierny zmniejsza grubość miedzi ścieżek). Żeby wydruk się nie przesunął podczas wkładania między walce, stosuję prosty trik z założeniem i dokładnym zagięciem papieru, widać to na **fotografii 6**. Cienkie płytki 0,5–0,8mm przepuszczam przez maszynkę 2 razy, a grubsze do 5 razy.

4. Wywoływanie. Proces ten dla folii transferowej jest prosty, bo polega na ostrożnym jej oderwaniu, najlepiej zaczynając od rogu płytki po przekątnej. Natomiast papierowe kserówki trzeba odmaczać w wodzie, a bardzo szczególne wskazówki znajdziecie szybko w Internecie; były też opisywane w EdW. Warto poczytać w różnych miejscach i wypracować własną metodę. Ja do „wywoływania” używam też mojej... trawiarki! Na 0,5l wody dodaję łyżkę płynu do mycia naczyń – papier szybciej „wymięka”. Proces ten trwa ok. 30 minut. Kilka zdjęć z „wywoływania” oraz inne wraz z programem dla procesora zamieszczone są w Elportalu w materiałach dodatkowych do tego numeru EdW.

5. Trawienie. No nareszcie... Tutaj okaże się, czy dotychczasowy wysiłek nie poszedł na marne. Wkładamy starannie przygotowaną płytkę (płytki) do włączonej i nagrzanej trawiarki (**fotografia tytułowa**) i czekamy sobie spokojnie 25–40 minut, aż folia miedziana zostanie całkowicie wytrawiona. Czas zależy od grubości folii Cu na laminacie, temperatury oraz od „świeżości” kąpieli trawiącej. Po wyjęciu płuczemy płytkę, suszymy i szmatką lub ręcznikiem papierowym zmywamy rozpuszczalnikiem Nitro lub innym niepotrzebny

Fot. 9



już toner. Pamiętajmy, żeby nie wdychać oparów rozpuszczalnika!!

6. Wiercenie i wykończenie płytki. Otwory najlepiej wiercić miniwierarką umieszczoną na statywie (**fotografia 7**), a przy odrobinię wprawy też np. taką trzymaną w rękę – **fotografia 8**. Potrzebny będzie też mały retusz, usunięcie niedotrawionych „mostków” między ścieżkami. Robimy to ostrym nożykiem lub skalpelem.

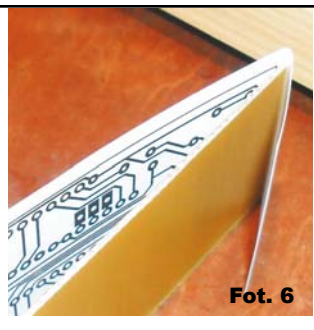
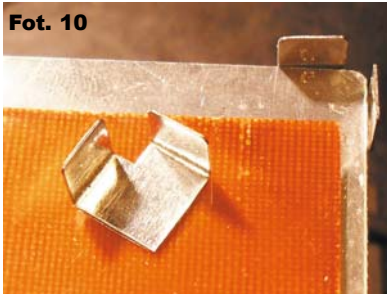
Domowe wykończenie płytki w moim przypadku polega na delikatnym przeszlifowaniu gąbką ścierną (nr 200) powierconej płytki i pokryciu warstwą rozpuszczonej w spirytusie kalafonii. Przykładowe płytki, które powstały przy tworzeniu tego artykułu, pokazane są na **fotografii 9**, jedna jest „fabryczna” druga „domowa”.

Tak oto wygląda w telegraficznym skrócie cała technologia. Trawiarka zostaje użyta dopiero w czwartej i piątej fazie. A teraz zapraszam do głównej części artykułu, gdzie opiszę, jak uporałem się z budową mojej trawiarki.

Budowa i zasada działania

Już pierwszy rzut oka na **zdjęcie tytułowe** zdradza zasadę jej działania. W specjalnym pojemniku znajduje się środek trawiący i oczywiście nasze płytki-półprodukty do wytrawienia. Ze zdobyciem odpowiedniego pojemnika miałem pewne trudności. Gotowego naczynia o dokładnie płaskim dnie nie mogłem nigdzie znaleźć. Myślałem o laboratoryjnej zlewce, ale w końcu udało się z rysunkiem do miej-

Fot. 10



Fot. 6

Fot. 7



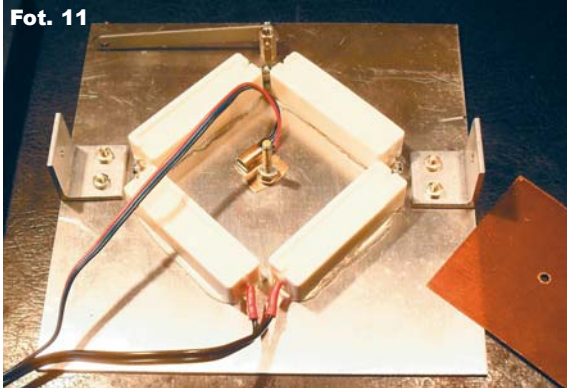
Fot. 8

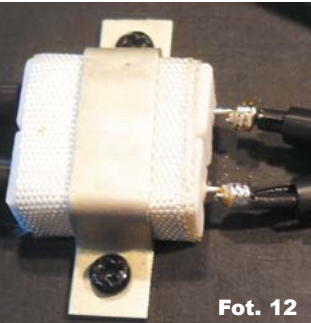
scowego szklarza. Miał w ofercie wykonywanie akwarium, no i zrobił dla mnie takie dwa miniaturowe egzemplarze. Jeden skleił silikonem do luster, a drugi silikonem do akwarium. Jak się wkrótce okazało, oba są dobre. W jednym trawię płytki, a w drugim „wywołuję” papierowe kserówki. Pojemnik spoczywa na kołyszącej się aluminiowej podgrzewanej płycie o grubości 1mm. Nie należy używać grubszej blachy ze względu na niekorzystne w tym przypadku zjawisko akumulacji ciepła. Żeby nie zniszczyć płaszczyzny blachy (lepsze przekazywanie ciepła do pojemnika), nie wyginałem jej na krawędziach, ale na rogach przykleiłem żywicą ograniczniki, wygięte z cienkiej blachy **fotografia 10**.

Do podgrzewania płyty, w roli grzałek użyłem czterech rezystorów ceramicznych 220Ω/17W, szczegóły widać na **fotografii 11**. Daje to po przeliczeniu moc całkowitą ok. 60W, czyli całkiem sporo. Rezystory przyklejone są do blachy silikonem. Dodatkowo dociskane są małą płytką z laminatu epoksydowego. Tutaj proszę zwrócić uwagę na mały szczegół, mianowicie na łączenie elementów, które się nagrzewają. Ja stosuję do tego małe spiralki, które nakładam na lutowane końcówki. Widać to na **fotografii 12** i **fotografii 11** wewnątrz.

Do kołysania pojemnika wykorzystałem silniczek z przekładnią, obracający talerzyk w mikrofalówce. Pochodził ze sprzętu na 120V, więc w szereg włączyłem rezystory redukcyjne 2 x 2,7kΩ/5W. Powinien mieć przynajmniej 10obr/min. Korbówód i przeniesienie napędu

Fot. 11

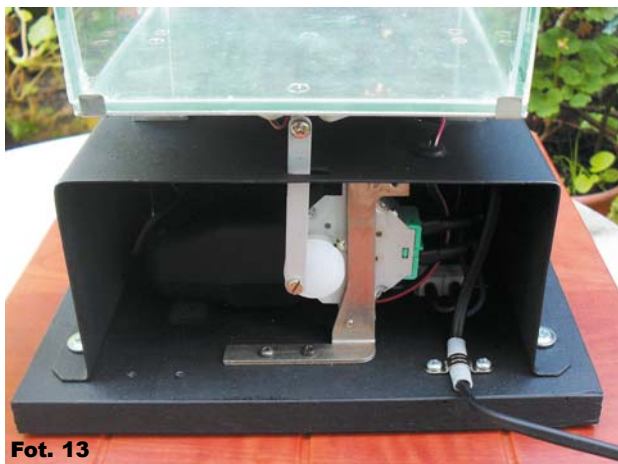




Fot. 12

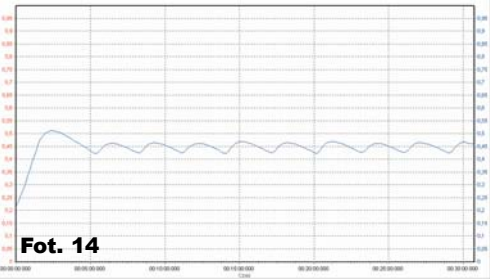
„kołyski” pokazuje **fotografia 13**. Bardzo dokładnie trzeba też przemyśleć sposób połączenia grzałki i czujnika. Musi być ono bardzo elastyczne i z odpowiednim zapasem przewodów.

Interesującym problemem do przeanalizowania jest „bezwładność” cieplna, czyli „histereza” układu. W naszym przypadku spiralki oporowe w każdym rezystorze muszą nagrzać ceramiczną obudowę. Ciepło przez cienką warstwę kontaktową silikonu nagrzewa potem aluminiową blachę, następnie blacha nagrzewa naczynie szklane, a ono z kolei naszą kąpiel trawiącą. Wszystko wymaga czasu. Umieszczony na płycie czujnik temperatury też ma pewną bezwładność, jest przecież w obudowie z tworzywa sztucznego. Do układu podłączyłem rejestrator, żeby jakoś ten cały proces zaobserwować. Zastosowałem do tego celu analogowy czujnik temperatury LM35 i oscyloskop cyfrowy. Oryginalny wykres 30 minut pracy jest na **fotografii 14**. Jak widać, pierwsze włączenie powoduje największy skok temperatury w górę, potem „oscylacje” wyrównują się i temperatura zaczyna już „krążyć” wokół zadanej w programie temperatury. Procesy tu opisane nie mają



Fot. 13

specjalnego znaczenia w moim rozwiązaniu, gdyż układ regulacji zamyka się między grzałką a płytą. Problem byłby wtedy, gdyby czujnik temperatury umieścić bezpośrednio w kąpieli trawiącej. Zanim jej temperatura osiągnęłaby zadaną temperaturę, płyta aluminiowa nagrzalaby się za bardzo, ze względu na długi czas przekazywania ciepła przez szkło, które jest, jak wiadomo, jego złym przewodnikiem. Potem zmagazynowane w niej ciepło (akumulacja), zanim uległoby rozproszeniu



Fot. 14

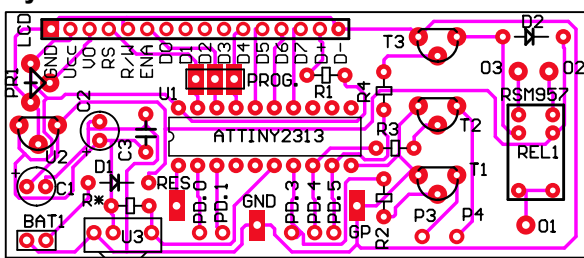
do otoczenia, przegrzałoby nasz płyn trawiący. Problem takiej bezwładności, czyli czasu odpowiedzi układu grzałka-czujnik, jest do przemyślenia przy każdym projekcie analogowego czy cyfrowego termostatu.

Zdobyte tu doświadczenia pozwoliły mi niejako przy okazji zrealizować znakomicie działający cyfrowy termostat z minimalną bezwładnością do stabilizacji termicznej rezonatora kwarcowego, może niedługo o tym coś napiszę ☺.

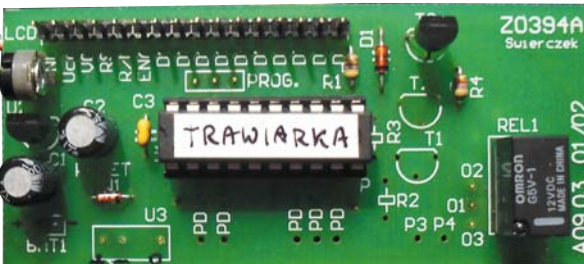
Opis układu

Schemat ideowy trawiarki i termostatu pokazany jest na **rysunku 1**. W termostacie pracuje popularny mikroprocesor Attiny2313 i czujnik temperatury DS18B20. Całość wykonana jest w formie „kanapkowej” z wyświetlaczem LCD. **Rysunek 2** pokazuje zaprojektowaną do tego celu płytkę. Płytkę może też służyć do budowy innych układów i nieznacznie różni się od tej ze zdjęć. Zmontowany termostat widać na **fotografiach 15 i 16**. Do zasilania użyłem przerobionego fabrycznego zasilacza wtyczkowego 12V/100mA. Odcięty został element wtyczki, jak na **fotografii 17**. Proszę zauważyć też, że goldpiny do programowania przylutowane są do płytki od strony ścieżek. Przy ich lutowaniu trzeba bardzo uważać, aby nie odparzyć punktów lutowniczych! Oczywiście potrzebny będzie też odpowiedni program. Program źródłowy w języku Bascom AVR do zaprogramowania procesora dostępny jest w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru. Program realizuje przetwarzanie wartości z cyfrowego czujnika temperatury i przeliczanie tak, aby dać prawidłowy odczyt na wyświetlaczu LCD. W tej wersji nie pokazuje on temperatur ujemnych, ale to akurat nie jest nam potrzebne. Aby termometr przekształcić w termostat, dodane są linie z poleceniami IF THEN, które powodują włączenie i wyłączenie przekaźnika przy określonej temperaturze.

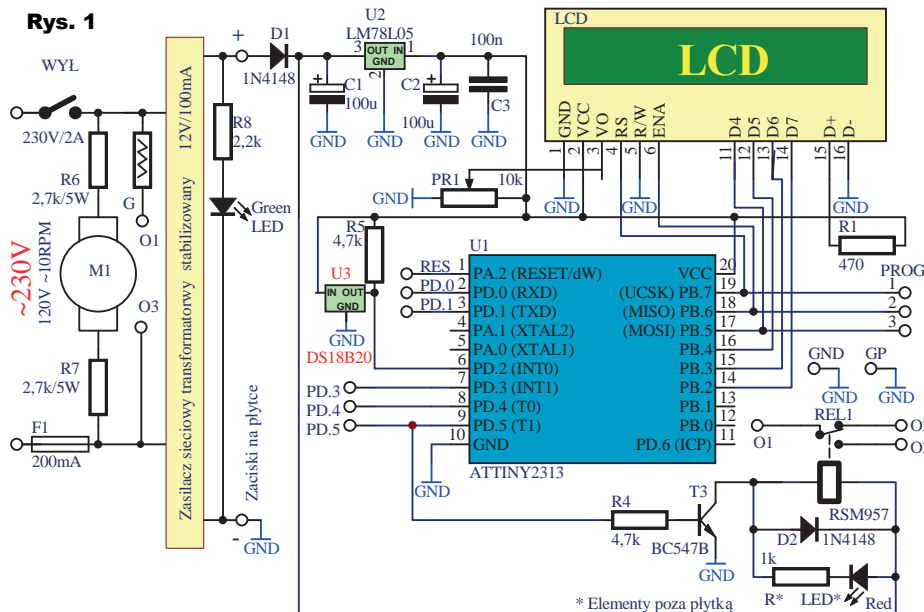
Rys. 2



Fot. 15



Rys. 1



Fot. 16



Fot. 17

Ja nastawiłem termostat w programie w linii 45 na 42 stopnie. Liczne rozwiązania programowe (pomiar temperatur ujemnych, kilka podłączonych czujników itp.) można znaleźć w książce p. Piotra Góreckiego *Mikrokontrolery dla początkujących*. Programator, jaki ja stosuję i sposób programowania, opisałem w artykule „Strach na kuny”, EdW nr 8/2010.

Oczywiście sam termostat z moim oprogramowaniem może służyć do rozmaitych celów. Ja z powodzeniem wykonałem sobie taki do sterowania dogrzewaniem w moim „hamsiaku” (pomieszczenie radiostacji) i już przez dwie zimy sprawował się znakomicie.

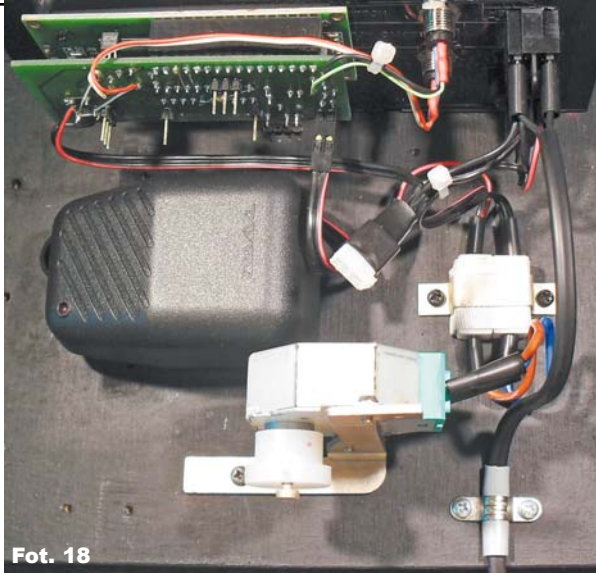
Trzeba tylko zmienić ustawienie wartości temperatury, przy której ma się wyłączyć przekaźnik. Robimy to w linii nr 45, zmieniamy np. na 20 stopni. „Odemnować” trzeba też linię 49 zawierającą instrukcję Wait 60, ponieważ termostat jest bardzo czuły (jego rozdzielczość to 0,1 stopnia) i bez takiego wstrzymania „na minutkę” zdecydowanie zbyt często „klepie” przekaźnik. Z uwagi na to, że sterować trzeba duże obciążenie 800W, dodałem tam jeszcze przekaźnik pośredniczący z odpowiednio „mocnymi” stykami, np. typu R-15.

Montaż i uruchomienie

Najwięcej czasu zajęło mi jak zwykle ☹ wykonanie odpowiedniej obudowy. Składa się ona z drewnianej (sklejka) podstawy oraz wygiętej z blachy górnej części. Płyta czołowa została wykonana z plastikowej obudowy taśmy do drukarki igłowej ☺. Oczywiście można wykorzystać do tego celu gotową obudowę, będzie znacznie mniej niepotrzebnej pracy przy obróbce, malowaniu itp.

Z uwagi na własne i nie tylko własne bezpieczeństwo, należy bardzo starannie wykonać połączenia instalacji w obwodach zasilania 230V!

Powinno to wyglądać mniej więcej jak na fotografii 18. Przewody w miejscach podłą-



Fot. 18

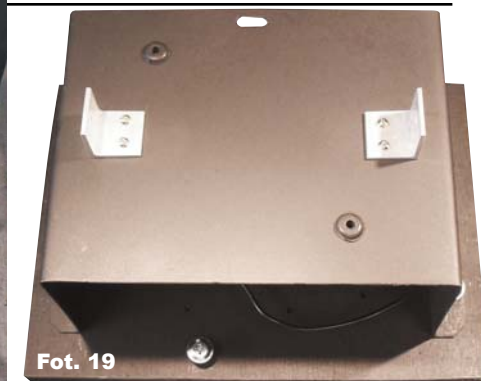
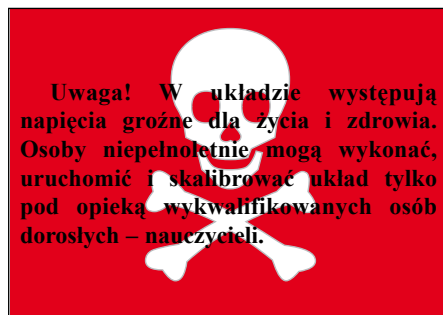


Fot. 20

czenia obowiązkowo izolujemy (koszulkami), można je dodatkowo pospinać opaskami. W miejscu przejścia przez blachę przewodów do grzałki oraz czujnika zastosowałem przepusty gumowe – **fotografia 19**.

Jeżeli udało się wszystko skompletować i połączyć „do kupy” według schematu, można przeprowadzić pierwsze próby. Próby zaczynamy jeszcze bez płynu trawiącego! Włączenie zasilania uruchamia silnik, który bez oporów mechanicznych powinien zacząć kołysać pojemnikiem. Dodatkowo włącza się czerwona dioda LED „HOT” i na LCD napis „GRZANIE”. Obserwujemy wyświetlacz LCD, temperatura powinna po chwili zacząć wzrastać. Gdy osiągnie 42 stopnie, LED „HOT” i napis „GRZANIE” zgasną. Temperatura na LCD dalej rośnie, ponieważ wyłączone, ale jeszcze gorące rezystory dogrzewają nam płytę pod pojemnikiem! Po jakimś czasie temperatura zaczyna spadać. W moim przypadku oscyluje wokół 45 stopni, jak na fotografii 14. Możemy teraz „organoleptycznie” palcem sprawdzić, czy dno pojemnika równomiernie się nagrzewa. Zwracam tu uwagę na dobre przyleganie szklanego dna do płyty!

Zanim włożymy do pojemnika przygotowane wcześniej płytki, trawiarka wymaga wstępnego wygrzania, w moim przypadku



Fot. 19

minimum 15 minut. Można go znacznie skrócić, wlewając już podgrzany środek trawiący. Nalewać go należy tylko tyle, żeby płytka(i) były przykryta(e) ok. 10 mm warstwą płynu. Oczywiście kąpiel trawiącą sporządzamy według przepisu na opakowaniu i po użyciu przelewamy do pojemnika. Ja używam opakowania po chemikaliach z zakrętką (**fotografia 20**), w której jest wywiercony mały otwór 0,8mm z uwagi na możliwość powstawania gazów (opis na opakowaniu B327)! Wymiary mojego pojemnika: 13 x 13 x 5cm, a wychylenie płyty od poziomu wynosi 11 mm do góry i 11 mm w dół, mierzone na krawędzi pojemnika. Naśladowcom życząc powodzenia!

Piotr Świerczek
sp9egm@wp.pl

Literatura: Termometr wg pomysłu Stefana SP3OTS, forum Elektrody w temacie termometrów na DS1820, książka „Mikrokontrolery dla początkujących”, autor Piotr Górecki

Wykaz elementów

R1	.....	470Ω
R4	.....	4,7kΩ
R5	.....	4,7kΩ
PR1	.....	10kΩ pionowy
C1	.....	100uF/16V
C2	.....	100uF/16V
C3	.....	100nF/50V
D1	.....	1N4148
D2	.....	1N4148
PROG.	.....	goldpiny potrójne
RES1,GP01,02,03	.....	goldpiny
REL1	.....	12V Relpol RSM957 lub Omron G5V-1
T3	.....	BC547B
U1	.....	ATTINY2313
U2	.....	LM78L05
U3	.....	DS18B20
LCD	.....	2x16 (HD44780)

Poza płytką

R6	.....	2,7kΩ/5W ceramiczny drutowy
R7	.....	2,7kΩ/5W ceramiczny drutowy
R8	.....	2,2kΩ
R*	.....	1kΩ
LED	.....	zielona 5mm
LED	.....	czerwona 5mm
F1	.....	200mA+ gniazdo SP-7
M1	.....	asynchroniczny z przekładnią (patrz tekst)
G	.....	grzałka, 4x rezystor 220Ω/17W
Wyt	.....	wyłącznik 230V/2A
Kabel	.....	z wtyczką sieciową
Zasilacz	.....	12V/100mA

Płytką drukowaną jest dostęna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3027.