

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Pozycjoner paneli baterii słonecznych

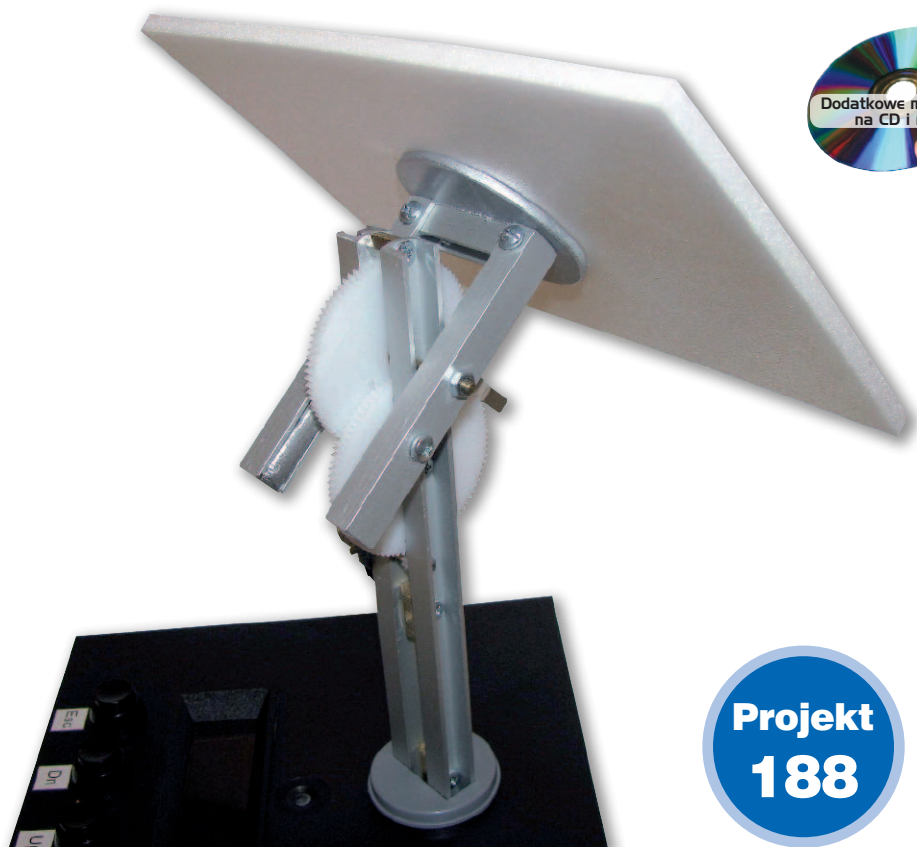
Jeszcze kilkanaście lat temu o energii odnawialnej można było co najwyżej przeczytać w publikacjach naukowych. Od tego czasu wiele zmieniło się w naszej świadomości, a ta zmiana została poparta nowymi zdobyczami techniki oraz rachunkiem ekonomicznym. Dzięki temu coraz częściej widzimy na masztach obracające się śmigła generatorów, a na dachach domów coraz liczniejsze panele słoneczne ogrzewające wodę oraz panele fotowoltaiczne pozyskujące energię z promieniowania słonecznego.

Któż z nas nie chciałby mieć któregoś z tych urządzeń u siebie, aby w efekcie płacić mniej za ogrzewanie czy energię elektryczną? Niżej opisany projekt dotyczy jednego z problemów odzyskiwania energii z promieniowania słonecznego, a mianowicie aktywnego sterowania ruchem paneli słonecznych.

Podążanie za Słońcem

Słońce to niewyczerpane źródło darmowej energii. Od miliardów lat wysyła w kierunku Ziemi światło i ciepło. Do zewnętrznych warstw atmosfery dociera promieniowanie o średniej mocy 1,36 kW/m². Jest to spora porcja energii, która zagospodarowana we właściwy sposób pozwoliłaby w znacznym stopniu nasze obecne potrzeby energetyczne.

Baterie słoneczne pochłaniają najwięcej energii, gdy ich płaszczyzna ustawiona jest prostopadle do kierunku padania promieni słonecznych. Tor pozornego przemieszczania się Słońca po nieboskłonie jest zmienny, zależny od położenia geograficznego, pory roku oraz pory dnia, i dlatego, aby osiągnąć maksimum pochłaniania energii niezbędne jest aktywne śledzenie „ruchu” Słońca, uwzględniające te wszystkie parametry.



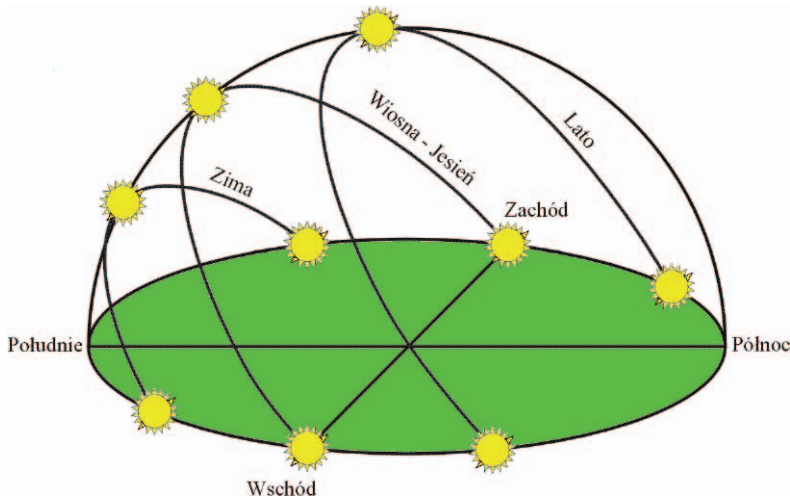
Najprostszą metodą śledzenia ruchu Słońca jest wykrywanie najjaśniejszego obiektu na niebie i podążanie za nim. Urządzenia takie są w miarę proste i składają się z dwóch par czujników (jedna para odpowiedzialna jest za ruch w poziomie a druga w pionie) mierzących natężenie oświetlenia oraz układu sterującego silnikami poruszającymi panel baterii słonecznych. W trakcie przemieszczania się Słońca czujniki wykrywają różnicę oświetlenia i poprzez układ sterowania korygują położenie panelu tak, aby oświetlenie par czujników było zawsze równomierne. Problemy z tego typu sterowaniem mogą pojawiać się w momencie zakłóceń oświetlenia czujników np. przez chwilowe lub długotrwałe zachmurzenie. W takich przypadkach sterowanie może być nieprecyzyjne lub działać wadliwie, gubiąc synchronizację z aktualnym położeniem Słońca.

Dużo pewniejszą i dokładniejszą metodą jest system sterowania oparty na obliczeniach astronomicznych, na podstawie których można określić pozycję Słońca z dosyć dużą dokładnością. Ogromną zaletą takiego sterowania jest fakt, że bez względu na stan zachmurzenia nieba panel podąża za Słońcem i jeśli tylko wyjdzie ono zza chmur, nawet na chwilę, to zawsze jest ustawiony optymalnie.

Trochę o podstawach astronomii

Nasłonecznienie powierzchni Ziemi zmienia się nieustannie w ciągu całego roku. W cyklu rocznym odchylenia punktów wschodów (oraz zachodów) Słońca dochodzą do 76°, a zmiany maksymalnej wysokości do 54°.

Kąt wzniesienia Słońca, czyli jego wysokość ponad linią horyzontu, jest największy w godzinach południowych latem i wyno-



Rysunek 1. Położenie słońca na niebie zależnie od pory roku

si (w centralnej Polsce) ok. 65° , natomiast zimą zaledwie ok. 11° . Azymut, czyli kąt odchylenia Słońca w płaszczyźnie poziomej od przyjętego kierunku odniesienia (zwykle jest to kierunek północny) zmienia się w zależności od pory roku. Zimą azymut dla wschodu Słońca wynosi ok. 128° a latem ok. 52° .

Na **rysunku 1** widać różnice między ścieżkami, po których porusza się Słońce, gdy znajduje się powyżej horyzontu, w zależności od pory dnia oraz pory roku.

Od ruchu obiegowego Ziemi dookoła Słońca (ruchu rocznego) zależą zjawiska zachodzące na powierzchni Ziemi, o czym możemy się przekonać obserwując zmiany wysokości górowania Słońca, zmiany punktów wschodu i zachodu Słońca na linii horyzontu oraz zmiany długości trwania dnia i nocy. Tak więc od pory roku bardzo zależy ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi.

Opis urządzenia

Celem prezentowanego urządzenia, pozycjonowania panelu słonecznego, jest zademonstrowanie w praktyce możliwości sterowania położeniem panelu na podstawie obliczeń astronomicznych.

Najpierw powstał więc program komputerowy, który miał na celu sprawdzenie dokładności zastosowanych wzorów pozwalających na obliczanie wysokości i azymutu Słońca. Po weryfikacji działania tego programu, algorytmy obliczeń zostały dostosowane do mikrokontrolera i powtórnie sprawdzone. Jedyną możliwością potwierdzającą prawidłowość teoretycznych obliczeń było wykonanie modelu urządzenia, które zweryfikowałoby je w praktyce. Jego wygląd pokazano na **fotografii 2**.

Główną częścią urządzenia jest ruchomy statyw obracający się w płaszczyźnie poziomej oraz pionowej, napędzany za po-



Fotografia 3. Widok silnika napędzającego mechanizm pozycjonujący panel w pionie

średnictwem dwóch silników krokowych umożliwiających precyzyjne ustawianie panelu w określonej pozycji (**fotografia 3**). Położenie jest obliczane na podstawie algorytmu zapisanego w pamięci i wykonywanego przez mikrokontroler ATmega16.

Na naszych szerokościach geograficznych występują w ciągu roku duże zmiany wysokości Słońca nad horyzontem. Zimą jest ono bardzo nisko, latem zaś operuje wysoko. A zatem urządzenie, aby pracować poprawnie, powinno uwzględniać te wahania.

Obrotowy statyw umożliwia efektywne śledzenie Słońca w zakresie 270° w poziomie, obejmując wszystkie punkty wschodów i zachodów Słońca przez cały rok oraz do 70° w pionie.

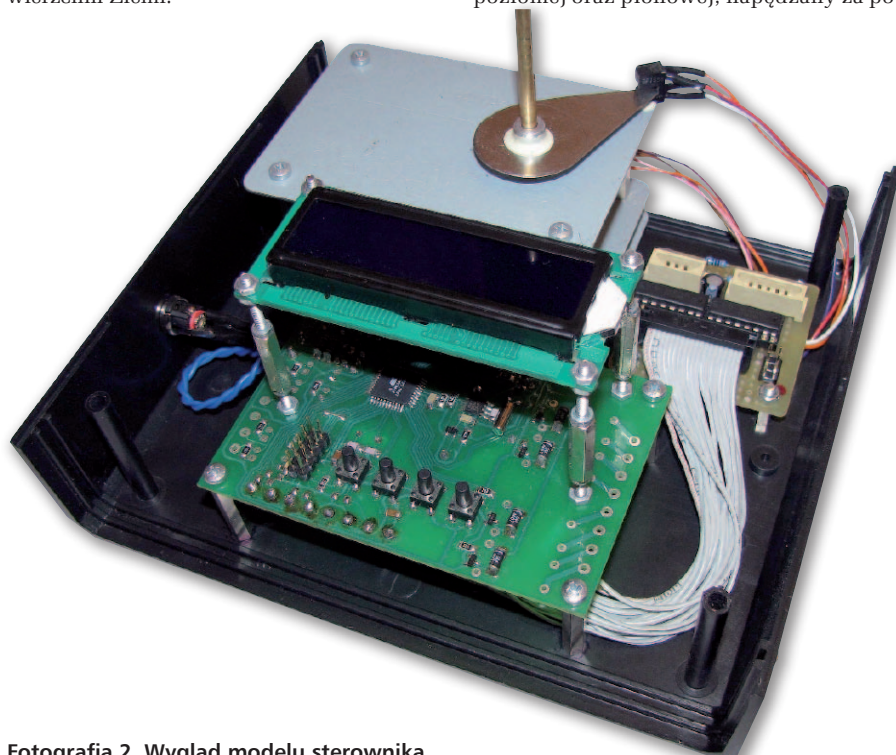
Ilość pochłanianej energii słonecznej zależy od kąta padania promieni słonecznych w stosunku do powierzchni odbiornika czyli w naszym przypadku panelu – kolektora słonecznego. Aby uzyskać maksymalną ilość energii jest konieczne pozycjonowanie go w kierunku prostopadłym do aktualnie padających promieni słonecznych, równocześnie w płaszczyźnie poziomej i pionowej.

W praktyce okazało się, że nie jest to zadanie aż tak skomplikowane, ponieważ radzi sobie z tym nawet stosunkowo prosty mikrokontroler.

Opis układu sterowania

Schemat ideowy pozycjonera jest na **rysunku 4**. Do sterowania statywem panelu zastosowano mikrokontroler ATmega16, z którym użytkownik komunikuje się za pomocą prostej klawiatury oraz wyświetlacza LCD. Do kontroli czasu oraz daty zastosowano układ zegara z kalendrzem PCF8563, który ma własne zasilanie w postaci baterii, dzięki której w przypadku zaniku zasilania głównego nie ustaje odmierzenie czasu.

Sterowanie położeniem panelu zostało zrealizowane za pomocą małych bipolar-



Fotografia 2. Wygląd modelu sterownika

nych silników krokowych z komputerowych stacji dyskietyk 1,44 MB, służących do przesuwania głowic. Jako drivery silników zastosowano układy scalone L293D.

Silniki te są małe i raczej słabe, lecz wykonany model nie wymaga dużej mocy do sterowania, a małe gabaryty były ich atutem i stąd wybór padł właśnie na ten typ silników.

Silniki pracują w trybie dziesięciu kroków na jeden pełny obrót. W takim przypadku wystarczyło więc zastosować przekładnię zębatą o przełożeniu 36:1, aby uzyskać przełożenie, w którym jeden krok silnika odpowiada jednemu stopniowi w skali kątowej. Nie było konieczności wykorzystania całej skali od 0 do 360°, ponieważ maksymalny obrót panelu o kąty w poziomie ok. 270° i w pionie ok. 70° w zupełności wystarcza do śledzenia położenia Słońca na terenie Polski.

Po każdym zakończonym dniu (dokładnie po zachodzie słońca za widnokrąg) panel automatycznie przyjmuje pozycję wyjściową, obracając się maksymalnie na wschód, a precyzyjniej – na północny-wschód. Następnego dnia, w momencie, gdy Słońce wędzie powyżej horyzontu, panel automatycznie ustawia się w jego kierunku.

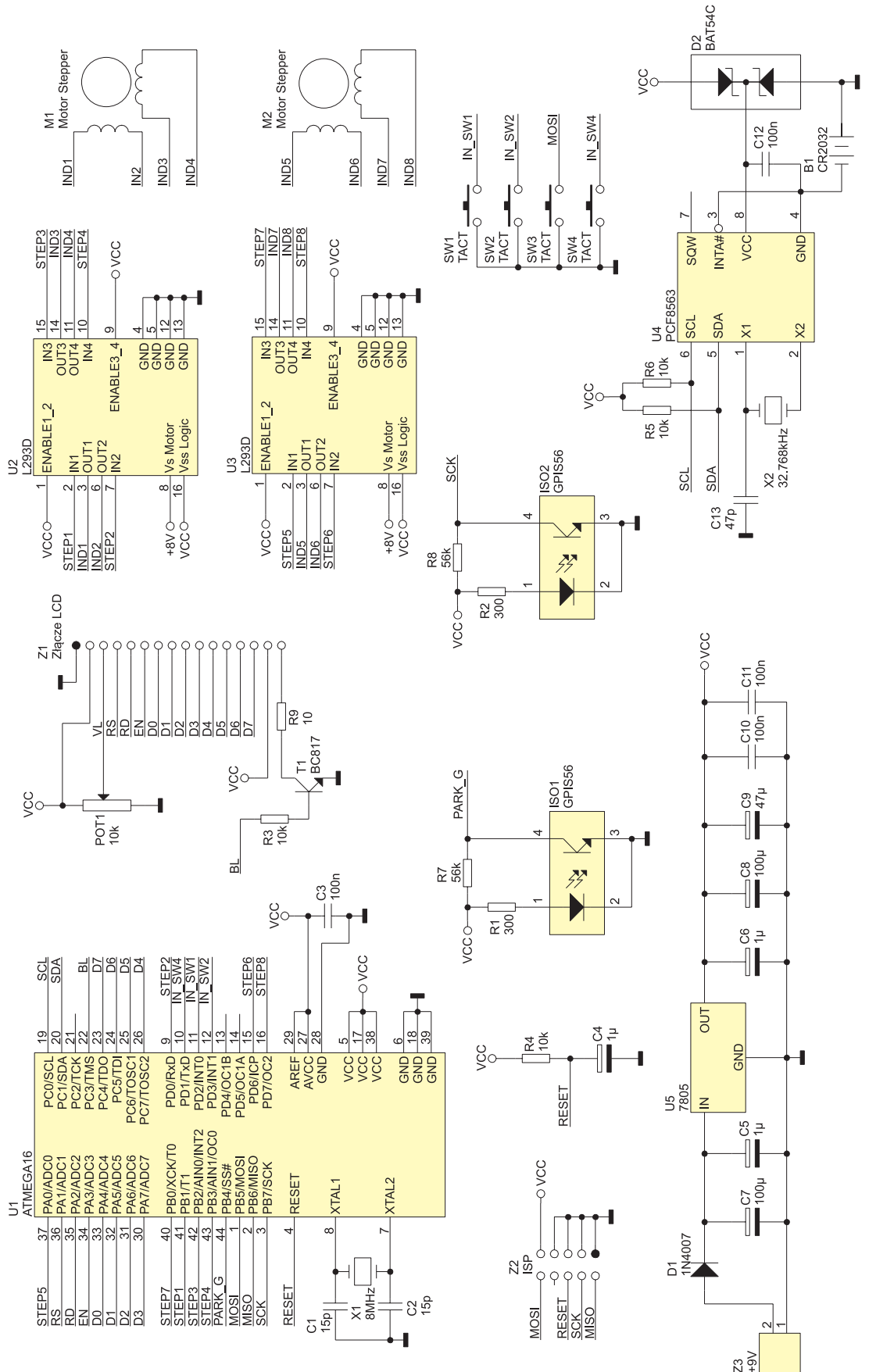
Pozycję wyjściową panel przyjmuje również po każdym włączeniu zasilania.

Do kontroli pozycji wyjściowej silników służą dwa transoptory szczelinowe, które określają kąt, od którego silniki powinny rozpocząć pracę. Jeden z nich jest dobrze widoczny na fotografii 5, natomiast listwę przesłaniającą w szczelinie drugiego dobrze widać na fotografii 6.

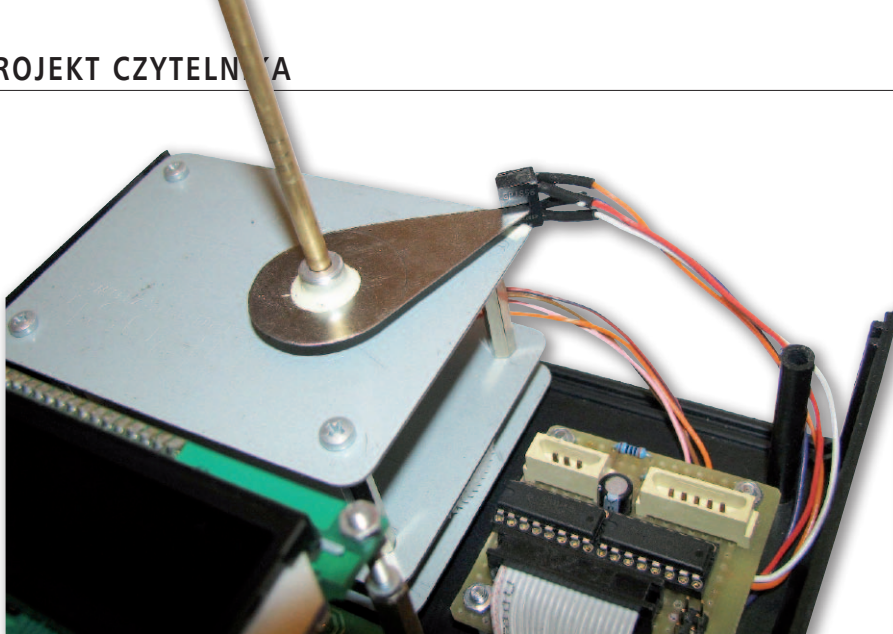
Obsługa sterownika

Aby zapewnić prawidłową pracę urządzenia należy wybrać równą, poziomą powierzchnię, ustawić aktualną datę i czas, wprowadzić bieżącą pozycję geograficzną

oraz zorientować urządzenie w stosunku do stron świata obracając je tak, aby panel przyjął pozycję prostopadłą do padania promieni słonecznych. Czynność tę najlepiej przeprowadzić w godzinach po-



Rysunek 4. Schemat ideowy sterownika pozycjonera paneli baterii słonecznych



Fotografia 5. Miejsce zamocowania transoptora szczelinowego informującego o osiągnięciu pozycji, od której jest odmierzany kąt obrotu

południowych, kiedy Słońce maksymalnie góruje na niebie.

Pozycję geograficzną właściwą dla miejsca prób urządzenia możemy znaleźć w tabeli 1. Oczywiście do jej wyznaczenia można też użyć mapy lub skorzystać z informacji podawanych przez odbiornik GPS dla miejsca instalacji sterownika.

Aby ustalić dokładną pozycję możemy posłużyć się mapami Google, kierując się następującymi wskazówkami:

1. Otwieramy stronę <http://maps.google.com>
2. Wyszukujemy interesujący nas region i prawym klawiszem myszki klikamy w wybrany punkt na mapie.
3. Z menu lewym klawiszem myszki wybieramy „Co tu jest?”.
4. W okienku wyszukiwania wyświetli się szerokość i długość geograficzna interesującego nas punktu.

Polska zajmuje w przybliżeniu powierzchnię ograniczoną: od zachodu długością geograficzną 14°12', od wschodu 24°14', od południa szerokością geograficzną 49°00', od północy 54°80'.

Wartości mieszczące się w tym przedziale zostały przyjęte w programie sterownika dla ustalenia położenia geograficznego.

Sterownik ma jeszcze jedną, dogodną funkcję – automatycznie zmienia czas z letniego na zimowy i odwrotnie. Wydaje się dziwne, że tę funkcję można spotkać tylko w komputerach, natomiast inne urządzenia, takie jak telefony komórkowe, zegary w samochodach czy sprzęcie RTV, są pozbawione tej prostej funkcji.

Po włączeniu sterownika jest wyświetlany główny ekran zawierający bieżący czas oraz stan sterownika. W tym przypadku „Parkowanie” oznacza, że sterownik skierował panel słoneczny całkowicie na wschód, opuszczając go jednocześnie do pionu. Ten stan sterownik osiąga również w momencie, gdy Słońce chowa się za linię horyzontu.

21:01.23
Parkowanie

Rano, w momencie gdy Słońce wstanie powyżej linii horyzontu, sterownik rozpoczyna automatycznie pozycjonowanie panelu słonecznego.

06:01.23
Pozycjonowanie

Naciskając klawisze *Up* lub *Dn* (klawisze od lewej mają następujące znaczenia: *Esc*, *Dn*, *Up*, *Ok*) można przejść przez trzy pozostałe pozycje menu.

Korekta
daty i czasu

Współrzędne
geograficzne

Polozenie slonca
Azm 186° Wys 56°

Ustawienie aktualnej daty i czasu jest kluczowe dla pracy całego urządzenia, ponieważ informacje te są na bieżąco wykorzystywane przy obliczeniach pozycji Słońca. Aby ustawić te parametry wybieramy z menu pozycję korekty czasu a następnie naciskamy klawisz OK.

Korekta
daty i czasu

Wykaz elementów

Rezystory:

- R9: 10 Ω
- R3...R6: 10 kΩ
- R7, R8: 56 kΩ
- R1, R2: 300 Ω
- POT1: 10 kΩ

Kondensatory:

- C1, C2: 15 pF/63 V
- C3, C10...C12: 100 nF/63 V
- C7, C8: 100 μF/25 V
- C4...C6: 1 μF/25 V
- C13: 47 pF/63 V
- C9: 47 μF/25 V

Półprzewodniki:

- U1: ATmega16
- U2, U3: L293D
- U4: PCF8563
- U5: 7805
- ISO1, ISO2: GPIS56
- T1: BC817
- D1: 1N4007
- D2: BAT54C

Inne:

- X1: 8 MHz
- X2: 32768 Hz
- B1: CR2032
- M1, M2: Silnik krokowy (opis w tekście)
- Z1: Złącze LCD
- Z2: Złącze ISP
- Z3: Złącze +9 V
- SW1...SW4: TACT

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym



Fotografia 6. Listwa zasłaniająca transoptor szczelinowy informujący o osiągnięciu pozycji, od której jest odmierzany kąt nachylenia

12:44
01/01/2010

Zostaje wyświetlony bieżący czas oraz data. Godzina jest wyróżniona poprzez podkreślenie jej kursorem. Klawiszami *Up* i *Dn* możemy zmienić jej wartość. Dłuższe przytrzymania klawisza wywołuje funkcję jego autopotwarzania. Po zmianie naciskamy *OK*. Kursor przechodzi do pozycji minut pozwalając na ich ustawienie. Zmiany zatwierdzamy klawiszem *OK*. Analogicznie zmienia się dzień, miesiąc i rok. Po ustawieniu roku, ostatnie naciśnięcie powoduje zapisanie nowych wartości zegara, co jest potwierdzane komunikatem

**Zaktualizowano
ustawienia**

Naciśnięcie klawisza *Esc* powoduje wyjście z ustawień zegara bez zapisywania zmian.

Następna pozycja menu służy do wprowadzania współrzędnych geograficznych miejsca, w którym urządzenie się znajduje. Jest to kolejna niezbędna informacja konieczna dla uzyskania prawidłowych obliczeń pozycji Słońca.

**Współrzędne
geograficzne**

Tabela 1. Wykaz położen geograficznych głównych miast w Polsce

Miejscowość	Długość	Szerokość
Białystok	23°10'E	53°08'N
Bielsko-Biała	19°04'E	49°50'N
Elbląg	19°24'E	54°10'N
Gdańsk	18°38'E	54°22'N
Gdynia	18°32'E	54°32'N
Koszalin	16°11'E	54°11'N
Kraków	19°57'E	50°03'N
Lublin	22°34'E	51°14'N
Łódź	19°28'E	51°47'N
Olsztyn	20°30'E	53°47'N
Opole	17°56'E	50°40'N
Poznań	16°55'E	52°25'N
Przemysł	22°47'E	49°48'N
Rzeszów	22°01'E	50°03'N
Ślupsk	20°27'E	53°01'N
Szczecin	14°34'E	53°26'N
Warszawa	21°02'E	52°12'N
Wrocław	17°02'E	51°07'N
Zakopane	19°57'E	49°18'N

Po naciśnięciu klawisza *OK* jest wyświetlana bieżąca, zapisana w pamięci, pozycja geograficzna.

Szerok. Długosc
N 50.16 E 19.01

W tym przypadku, podobnie jak w zegarze, klawiszami *Up* i *Dn* zmieniamy wartość szerokości, i akceptujemy ją *Ok*. Następnie zmieniamy wartość długości geograficznej, również potwierdzając to klawiszem *Ok*. Po zmianach zostanie wyświetlony potwierdzający tę czynność komunikat.

**Zaktualizowano
ustawienia**

Ostatnia pozycja menu ma charakter informacyjny. Pokazuje bieżącą pozycję Słońca, jego azymut oraz wysokość.

Polozenie słońca
Azm 186° Wys 56°

Jeśli Słońce znajduje się poniżej horyzontu, to komunikat o położeniu Słońca wygląda następująco.

Polozenie słońca
ponizej horyzon.

Eugeniusz Woźniczok
ewoznicz@poczta.onet.pl

R E K L A M A

WG

Wspieramy projektowanie
i produkcję elektroniki

www.wg.com.pl

Specjalizowane układy scalone

Oprogramowanie dla mikrokontrolerów (μC)

Debugery systemów μC

Testowanie "Boundary-Scan"

Programowanie kart i pamięci FLASH

Maszyny do konfekcjonowania podzespołów

Materiały "Tape & Reel"