

*Wśród ludzi wzrasta świadomość szkodliwości działania zmiennych pól magnetycznych na organizm.*

*Ten prosty detektor z sygnalizacją akustyczną i świetlną pozwoli na zlokalizowanie wszystkich źródeł takich pól w naszego domu, co umożliwi na unikięcie wielu zagrożeń.*

Żyjemy nieustannie narażeni na działanie pól magnetycznych różnego rodzaju i o różnym natężeniu. Niektóre z nich, jak np. pole magnetyczne Ziemi czy pola pochodzące od stałych magnesów są statyczne. We współczesnym świecie daleko więcej jest jednak zmiennych pól magnetycznych, wywoływanych przez przeróżne urządzenia elektryczne i elektroniczne, które stały się nieodłącznymi elementami naszego otoczenia.

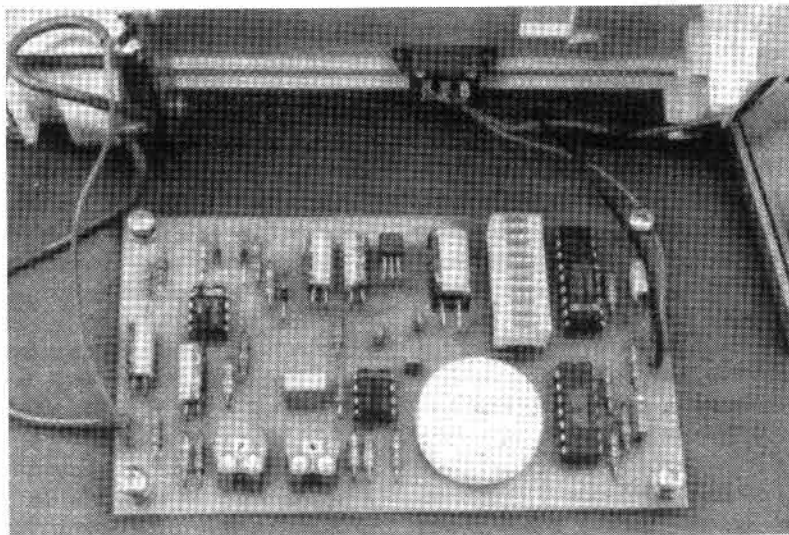
Zmienne pola magnetyczne zaczęto ostatnio uważać za czynnik zagrażający zdrowiu ludzkiemu. Przeprowadzono szeroko zakrojone prace badawcze, w których z oczywistych powodów istotną rolę odegrały instytucje zaangażowane w dystrybucję energii elektrycznej. Wyniki tych badań nie przyniosły rozstrzygających rezultatów.

Ponieważ zmienne pola magnetyczne nie są ani widoczne, ani słyszalne, ani też nie można ich dotknąć, osoby zainteresowane możliwością ochrony przed ich działaniem niewątpliwie chętnie wyposażą się w urządzenie wykrywające obecność tych pól. Natężenie pola magnetycznego szybko maleje z odległością od źródła, znając więc lokalizację źródła łatwo jest uniknąć dłuższego przebywania w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

## Zjawiska polowe

Słyszac, że autor niniejszego tekstu pracuje nad projektem detektora pola magnetycznego wiele osób reagowało zapytaniem, czy chodzi o pole pochodzące od sieci energetycznej. Oczywiście sieć energetyczna wytwarza pole magnetyczne, niemniej jednak generuje ona przede wszystkim pole elektryczne. Krótkie wyjaśnienie

# Detektor pól magnetycznych



różnic wydaje się na miejscu przed przystąpieniem do omawiania dalszych szczegółów związanych z detektorem.

Pola elektrostatyczne generowane są przez różnice potencjałów. Wysokie napięcie przyłożone do izolatora, np. 400kV w powietrzu między linią i ziemią spowoduje przepływ bardzo małego prądu, o natężeniu zależnym od przewodności izolatora i od wartości przyłożonego napięcia. Detekcja takiego pola wymaga wzmacniacza o bardzo wysokiej impedancji wejściowej i odpowiednich elektrod.

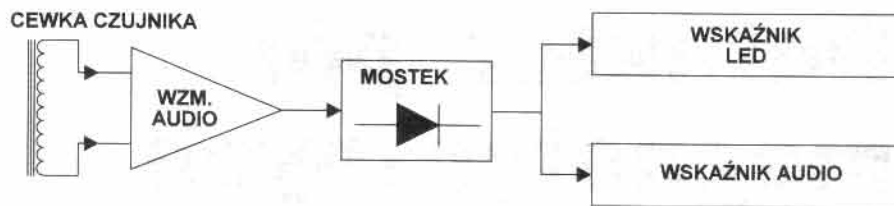
Pola elektromagnetyczne otaczają przewodnik, przez który przepływa prąd. Ich natężenie wzrasta znacznie, jeśli prąd płynie przez cewkę, ponieważ występuje wtedy superpozycja pól pochodzących od wielu przewodników z przepływem prądu.

Napięcia występujące w zwykłym budynku są stosunkowo niskie, tak więc nie należy spodziewać się tam silnych pól elektrostatycznych. Jest tam natomiast mnóstwo urządzeń zawierających cewki, często znajdujących się w niewielkiej odległości od mieszkańców. W konsekwencji ekspozycja na działanie pól magnetycz-

nych o częstotliwości 50Hz może być znaczna. Źródłami takich pól są silniki, transformatory, świetlówki, dławiki i wreszcie instalacja elektryczna budynku, często po prostu otaczająca mieszkańców. Nie należy także zapominać o liczniku energii elektrycznej, który zawiera kilka cewek dających pola napędzające aluminiowy dysk, którego obroty są zliczane, a znaczna część tych pól wydostaje się na zewnątrz obudowy licznika.

## Czułość

Większość pól magnetycznych występujących w mieszkaniach może zostać wykryta przy pomocy prezentowanego poniżej urządzenia. Przy zbliżeniu do źródła zmiennego pola magnetycznego detektor generuje dźwięk o narastającej intensywności oraz wyświetla wskazanie na 10-elementowym pasku diod LED. Wskazanie to jest proporcjonalne do logarytmu odebranego sygnału, co kompensuje nieliniową zależność natężenia pola od odległości od źródła i umożliwia detekcję pól w dużym zakresie natężeń. Należy jednak pamiętać, że detektor nie jest wyskalowany w jednostkach natężenia pola magnetycznego!



Rys. 1. Schemat blokowy detektora.

Przyrząd jest rzeczywiście bardzo czuły. Dolna dioda LED zapala się i gaśnie już w wyniku oddziaływania pola magnetycznego Ziemi. Po umieszczeniu detektora blisko zegarka kwarcowego ze wskazówkami dioda ta pulsowała z częstotliwością 1Hz, zgodnie z polem magnetycznym generowanym przez silnik krokowy zegarka. Pole to jest oczywiście bardzo słabe - silnik funkcjonuje przez ponad rok bez zmiany baterii.

Użytecznym efektem ubocznym jest możliwość wykrycia obecności stałych magnesów przy względnym ruchu detektora i magnesu. W ten sposób można z odległości kilkudziesięciu cm wykryć bardzo małe magnesy.

Podczas eksperymentów stwierdzono, że transformatory generują pola magnetyczne na zewnątrz rdzenia, co znaczy, że transformatory te mogą być dobrymi czujnikami zewnętrznego pola. Mają one stosunkowo kierunkową charakterystykę - wykazują najwięk-

szą czułość dla pól skierowanych zgodnie z osią zwojów.

### Zasada działania

Rys.1. zawiera schemat blokowy proponowanego detektora. Uzwojenie pierwotne transformatora pełni rolę źródła sygnału. Wysterowuje ono wzmacniacz o dużym wzmocnieniu i paśmie znacznie przekraczającym zakres akustyczny. Za wzmacniaczem znajdują się detektor oraz wskaźniki akustyczny i LED.

Na jednym z etapów opracowywania projektu noszono się z zamiarem wykorzystania jako wskaźnika miernika wychyłowego z ruchomą cewką. Z pomysłu tego zrezygnowano po zdaniu sobie sprawy z faktu, że - ponieważ jest to miernik elektromagnetyczny - powstaną problemy związane z niestabilnością, wynikające ze sprzężeń, a rodzaj i zorientowanie miernika będą krytyczne dla funkcjonowania całości.

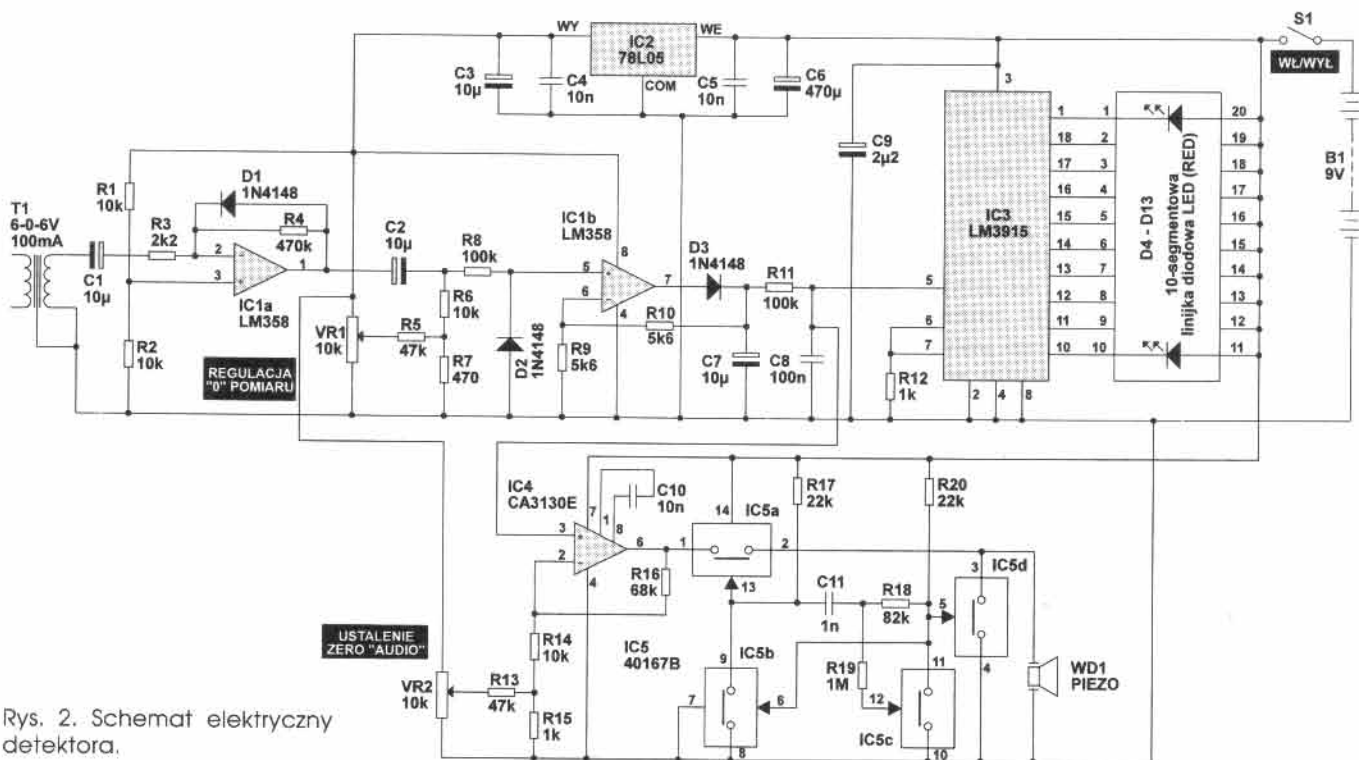
Schemat elektryczny detektora

pola magnetycznego znajduje się na rys.2. Transformator T1 stanowi czujnik, a jego uzwojenie pierwotne jest źródłem sygnału wejściowego. Trafia on przez kondensator C1 na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego IC1a, pracującego jako wzmacniacz zmiennoprądowy z dolną częstotliwością graniczną poniżej 10Hz i wzmocnieniem około 200V/V. Dioda D1 zapewnia szybkie ustalenie się poziomu na wyjściu wzmacniacza po włączeniu zasilania.

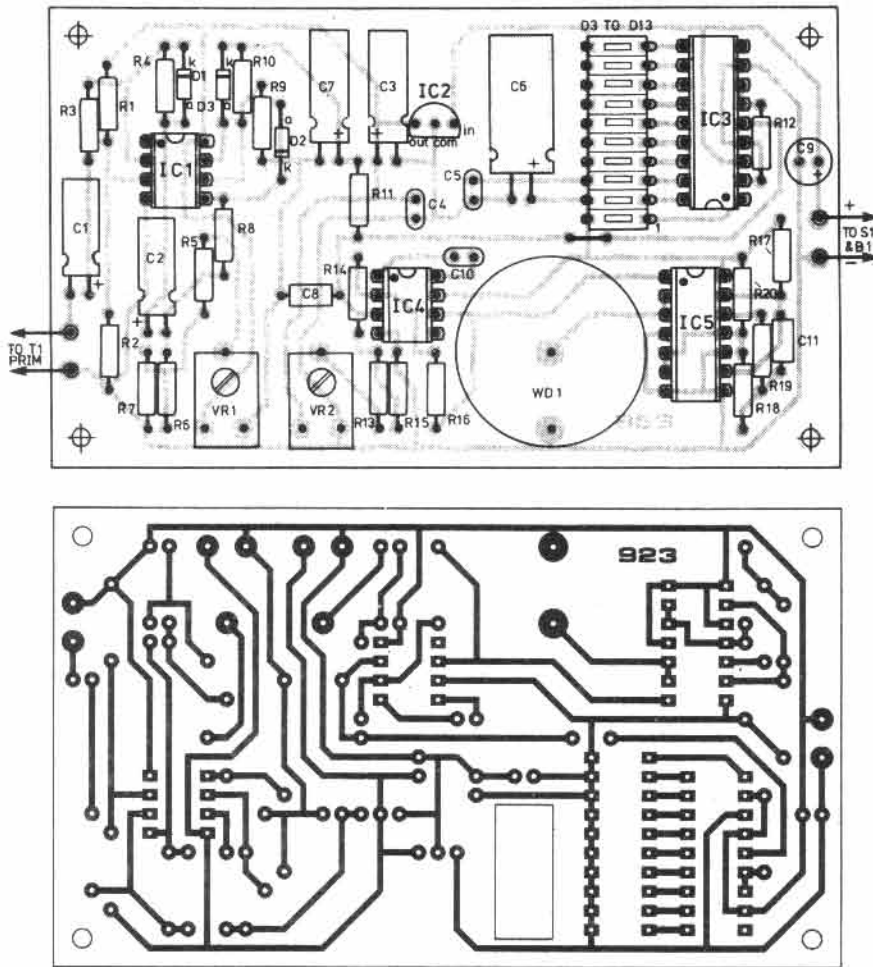
Sygnał z wyjścia IC1a jest prostowany w układzie zbudowanym na wzmacniaczu operacyjnym IC1b, detekującym dodatnią wartość maksymalną sygnału. Rezystory pętli sprzężenia R9 i R10 są dobrane tak, że dla sygnału sinusoidalnego o napięciu międzyszczytowych 1V napięcie wyjściowe detektora jest równe 1V.

Potencjometr montażowy VR1 umożliwia ustawienie zera tuż powyżej ujemnego napięcia zasilania, blisko napięcia progowego włączenia pierwszej diody LED. Elementy R8 i D2 zapobiegają pojawieniu się na wejściu IC1b dużych ujemnych napięć, natomiast elementy R11 i C8 ograniczają poziom tętnień i szumów.

Układ sterujący wskaźnikiem paskowym LED to LM3915, który



Rys. 2. Schemat elektryczny detektora.



Rys. 3.

jest „logarytmicznym“ odpowiednikiem układu LM3914. Pełnemu wysterowaniu odpowiada sygnał wejściowy 1.25V. Rezystor R12 ogranicza prądy włączonych diod do około 10mA. Wyjścia IC3 podłączone są do katod diod LED, natomiast anody wszystkich diod podłączone są do dodatniego napięcia zasilania.

Sygnał z rezystora R11 podawany jest także na wzmacniacz IC4, mający wzmocnienie około 8V/V. Zastosowano układ 3130 celem uzyskania jak największego napięcia wyjściowego, by otrzymać maksymalny sygnał akustyczny brzęczyka piezoelektrycznego WD1. Maksymalne napięcie wyjściowe układu 3130 jest o zaledwie kilka mV niższe od napięcia zasilania. Potencjometr VR2 umożliwia ustalenie progu zadziałania brzęczyka.

Zamiana obwiedni sygnału na sygnał sterujący brzęczyk realizowana jest przy pomocy dwóch

kluczy analogowych CMOS IC5a i IC5d. Dołączają one naprzemiennie z częstotliwością około 4kHz wejście brzęczyka do wyjścia IC4 oraz do ujemnego napięcia zasilania. Daje to sygnał zmienny o amplitudzie zależnej od napięcia wyjściowego IC4. Klucze analogowe IC5b i IC5c tworzą generator sterujący pracą kluczy IC5a i IC5d.

Układ jest zasilany z baterii PP3 o napięciu 9V. Stabilizator IC2 daje napięcie 5V zapewniające stabilną pracę układu IC1. Napięcie to jest także wykorzystywane do uzyskania obu napięć progowych.

### Montaż układu

Wszystkie elementy włącznie z brzęczykiem i wskaźnikiem LED montowane są na płytce drukowanej. Aby umożliwić użycie małej, płaskiej obudowy z otworem pod wskaźnik LED elementy powinny jak najmniej odstawać od

powierzchni płytki. Wskaźnik oczywiście montowany jest nieco wyżej, tak, by wystawał przez otwór w obudowie.

Kondensatory elektrolityczne C1, C2, C3, C6 i C7 montowane są poziomo, przy czym w przypadku C6 przewidziano możliwość wycięcia otworu w płytce - gdyby był zbyt wysoki. Stabilizator napięcia IC2 i kondensator C9 także mogą zostać zamontowane poziomo.

C8 jest kondensatorem poliestrowym o pojemności 100nF. W przypadku gdyby był zbyt wysoki można także umieścić go poziomo. Aby nie zwiększać wysokości zamontowanej płytki nie należy stosować podstawek pod układy scalone.

Mozaika ścieżek druku oraz schemat rozmieszczenia elementów przedstawione są na rys.3 i rys.4.

Montaż należy rozpocząć od zwory i rezystorów i kontynuować montując potencjometry, kondensatory, brzęczyk oraz wskaźnik LED, zwracając szczególną uwagę w przypadku elementów polaryzowanych.

Anody matrycy LED powinny znajdować się od strony kondensatora C6. Brzęczyk i większe kondensatory elektrolityczne można przykleić do płytki.

Przed wlutowaniem układów scalonych dobrze jest włączyć zasilanie układu i sprawdzić, czy pobór prądu nie jest wysoki, co byłoby oznaką zwarcia lub nieprawidłowego wlutowania kondensatorów C6 czy C9. Po przeprowadzeniu tego testu można wlutować stabilizator napięcia +5V i sprawdzić poprawność jego pracy. Pobór prądu powinien teraz wynosić około 4mA.

Wlutowanie wzmacniacza operacyjnego IC1 zwiększa pobór prądu do około 5mA. Napięcie na wyjściu IC1a (wyprowadzenie 1) powinno wynosić 2.5V. Napięcie panujące na dodatniej końcówce kondensatora C7 powinno być bliskie 0, a regulacja potencjometrem VR1 powinna powodować jego zmianę w zakresie 20mV - 100mV. Dotknięcie ręką wejścia układu (dodatnie wyprowadzenie C1) powinno powodować niewielki wzrost napięcia na kondensatorze C7, zależny od poziomu

zakłóceń sieciowych.

Następnie należy wlotować układ IC3 (jest on ułożony odwrotnie niż pozostałe!). Po włączeniu zasilania matryca LED może zamigotać podczas ustalania się stanu układu, a jedna z dolnych diod może pozostać włączona. Potencjometr VR1 należy ustawić w położeniu bliskim włączenia dolnej diody wskaźnika.

Dotknięciu wejścia układu powinno towarzyszyć wskazanie. Wewnętrzne napięcie odniesienia układu IC3, występujące na rezystorze R12, wynosi około 1.25V. Jego pomiar jest niezbędny tylko w przypadku nieprawidłowego

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

- R1, R2, R6, R14 - 10kΩ
- R3 - 2.2kΩ
- R4 - 470kΩ
- R5, R13 - 47kΩ
- R7 - 470Ω
- R8, R11 - 100kΩ
- R9, R10 - 5.6kΩ
- R12, R15 - 1kΩ
- R16 - 68kΩ
- R17, R20 - 22kΩ
- R18 - 82kΩ
- R19 - 1MΩ

### Potencjometry

- VR1, VR2 - 10kΩ, montażowe poziome

### Kondensatory

- C1, C2, C3, C7 - 10μF/50V, elektrolityczne, wyprowadzenia jednostronne
- C4, C5, C10 - 10nF, ceramiczne
- C6 - 470μF/16V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronne
- C8 - 100nF, poliestrowy
- C9 - 2.2μF/35V, tantalowy
- C11 - 1nF, poliestrowy

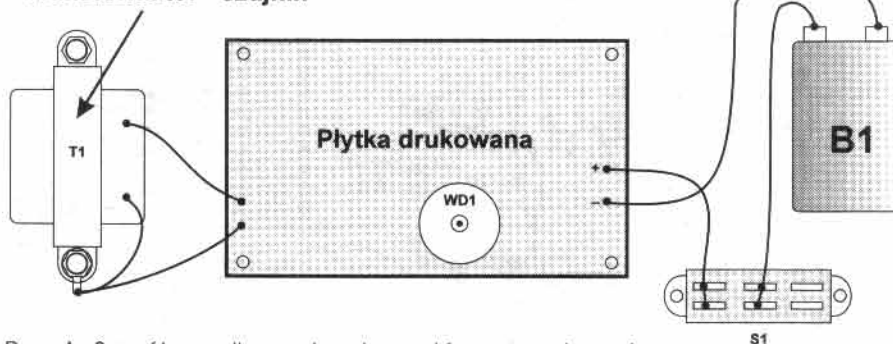
### Półprzewodniki

- D1-D3 - 1N4148
- D4-D13 - 10-segmentowy wskaźnik LED
- IC1 - LM358
- IC2 - 7805
- IC3 - LM3915
- IC4 - CA3130
- IC5 - 4016B

### Różne

- T1 - miniaturowy transformator sieciowy 6V-0V-6V, 100mA
- WD1 - brzęczyk piezoelektryczny
- S1 - przełącznik suwakowy jednobiegunowy
- plytka drukowana

## Transformator - czujnik



Rys. 4. Sposób podłączenia elementów zewnętrznych.

działania układu.

Regulacja VR2 powinna zmieniać poziom na wyjściu układu IC4 (wyprowadzenie 6) między 0 i 400mV. Potencjometr VR2 należy ustawić tak, by napięcie to wynosiło 0V.

Dotknięcie wejścia układu powoduje wzrost napięcia wyjściowego IC4. Ponieważ nastawa potencjometru VR1 wpływa na nastawę potencjometru VR2, regulacje należy przeprowadzić w kolejności VR1 - VR2.

Jako ostatni należy wlotować układ IC5. Zaświeceniu elementu matrycy LED powinna towarzyszyć teraz sygnalizacja akustyczna, np. po dotknięciu wejścia detektora. Wypadkowy pobór prądu zależny jest od liczby włączonych diod LED, orientacyjnie powinien on wynosić 10-15mA, gdy wszystkie diody są wyłączone, i wzrastać do około 30mA przy obecności sygnału na wejściu.

## Obudowa

Sposób okablowania całej konstrukcji przedstawia rys.5. Transformator należy przymocować do listwy aluminiowej (listwa stalowa zakłóci rozkład wykrywanego pola).

Uzwojenie pierwotne transformatora należy podłączyć do wejścia układu, wtórne natomiast zostawić zwarte (zwarcie końcówek uzwojenia wtórnego drastycznie obniży czułość urządzenia). Metalowe części transformatora (obejma) należy połączyć z niskim zaciskiem wejścia urządzenia, co ograniczy poziom zakłóceń.

Należy wykonać otwór pod matrycę diodową. Położenie płytki w obudowie ustalane jest przy pomocy czterech śrub. Niewielki przełącznik suwakowy S1 służy

do włączania zasilania układu.

## Zastosowania

Przyrząd należy po prostu włączyć i skierować w stronę potencjalnego źródła zmiennego pola magnetycznego. Najprawdopodobniej wszyscy będą zaskoczeni w wielu przypadkach - większość małych urządzeń sieciowych generuje pola magnetyczne, które można wykryć z odległości ponad pół metra.

Silne pola generują silniki wentylatorów, niektóre ściemniacze - prawdopodobnie ze względu na obecność dławików, a także świetlówki.

Lodówki i zamrażarki stanowią źródła pól magnetycznych o stosunkowo małym natężeniu, prawdopodobnie ze względu na ich obudowy z blachy stalowej, natomiast pola liczników energii są wykrywalne z odległości ponad 1m. Źródła silnego pola mogą także stanowić urządzenia elektryczne sąsiadów, ułożone blisko ścian.

Najpewniej okaże się, że przy przemieszczaniu detektora z dala od wszelkich źródeł (np. poza domem) dolna dioda LED matrycy migocze, a efekt ten ustępuje przy zatrzymaniu ruchu. Najbardziej prawdopodobną tego przyczyną jest stałe pole magnetyczne Ziemi.

Wszelkie magnesy poruszające się w pobliżu detektora powinny dać silny sygnał. Nawet - jak już wspomniano wcześniej - analogowy zegarek kwarcowy zawierający silnik krokowy wytwarza pole, którego obecność najprawdopodobniej będzie można wykryć z bardzo niewielkiej odległości.

## Andy Flind

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika „Everyday with Practical Electronics”