



# Wzmacniacz lampowy dla nielampowców (1)

*Lampy w ostatnich latach przeżywają swój renesans. Charakterystyczne, bardzo ciepłe i przyjemne brzmienie wzmacniaczy lampowych, zaczęto doceniać dopiero wtedy, gdy sklepowe półki zapelnily urządzenia półprzewodnikowe. Dziś na firmowy wzmacniacz lampowy trzeba przeznaczyć spore pieniądze, ale nie gorszą jakość można uzyskać budując go znacznie taniej we własnym zakresie.*

## Rekomendacje:

*zamysłem autora było zawarcie w artykule jak najwięcej treści edukacyjnych, stąd wykonanie wzmacniacza polecamy szczególnie tym Czytelnikom, którzy chcą się po raz pierwszy zmierzyć z lampowym żywiołem.*

W artykule został opisany kompletny wzmacniacz lampowy, świetnie nadający się do wykonania nawet przez mało doświadczonych elektroników. Dla zwiększenia przejrzystości opisu układ wzmacniacza podzielono na trzy bloki: tor audio, zasilacze oraz włącznik. Zaczniemy od najważniejszego, czyli toru audio. Jego schemat przedstawiono na **rys. 1**.

Tor audio składa się z dwóch części: stopni napięciowych (sterujących – jest to układ Williamsona) oraz stopnia mocy (końcowego). Do potencjometru głośności (P1) doprowadzony jest sygnał liniowy o maksymalnej amplitudzie 775 mV. Jako źródło sygnału doskonale nadaje się np. odtwarzacz DVD. Kable wejściowe powinny być ekranowane, gdyż nawet małe zakłócenia zostaną wzmocnione wiele razy. Rezystor R1 polaryzuje siatkę triody V1/1, dzięki temu posiada ona potencjał zerowy (masy). Dzieje się tak, gdyż teoretycznie, prąd w siatce lampy elektronowej nie płynie, nie ma więc także spadku napięcia na R1. Przez rezystor R4 przepływa już prąd, przez co występuje na nim pewien spadek napięcia. Ten właśnie spadek „podnosi” potencjał katody V1/1 powyżej potencjału masy. Ostatecznie siatka ma niższy potencjał niż katoda. Taką polaryzację nazywamy automatyczną. Modulując napięcie siatki, powodujemy modulację prą-

## AVT-5142

W ofercie AVT jest dostępna:  
– [AVT-5142A] – płytka drukowana

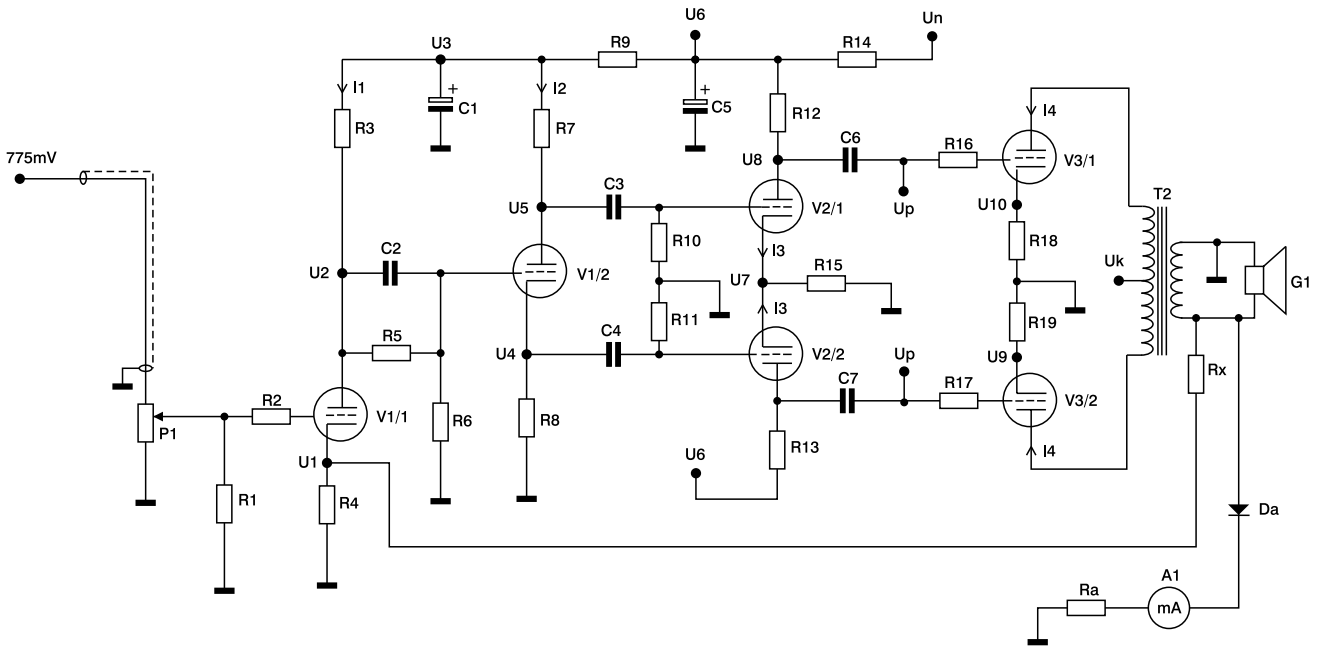
### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytkę wyłącznika o wymiarach 62x37 mm, wzmacniacz montowany „na pająka”
- Konfiguracja wzmacniacza: układ napięciowy Williamsona
- Stopień mocy: tryodowy push-pull, klasa AB1
- Stała polaryzacja lamp mocy
- Logarytmiczny wskaźnik występowania
- Maksymalna moc wyjściowa (bez przesterowania wzmacniacza): 2x7 W (Uwej=1,24 Vrms; f=1 kHz, sinus; THD=1,2%)
- Pasma przy spadku 3 dB: 32 Hz...18,5 kHz
- Nominalna impedancja obciążenia: zależna od transformatora (w prototypie 3 Ω)
- Czutość wejściowa dla max mocy (2x7 W): 1,24 Vrms

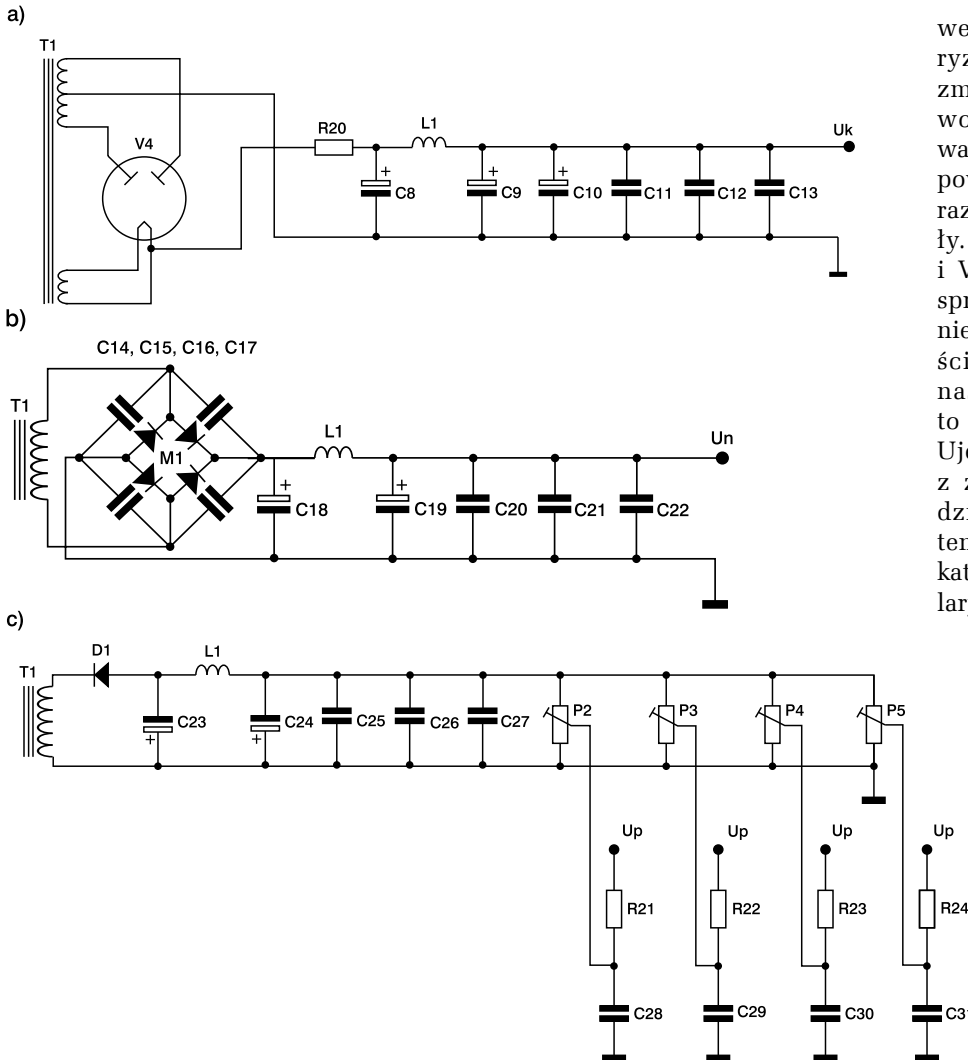
### PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Bufor lampowy	EdW 12/2003	AVT-2690
Przedwzmacniacz lampowy	EdW 8/2004	AVT-2729
Lampowy wzmacniacz słuchawkowy	EdW 1/2005	AVT-2744
Wzmacniacz lampowy z PCL86	EP 2/2005	AVT-455
Stereofoniczny wzmacniacz lampowy	EdW 6-7/2005	AVT-2754
Lampowy wzmacniacz gitarowy	EdW 12/2005	AVT-2772
Wzmacniacz lampowy na ECL86 w układzie SE	EdW 4/2006	
Lampowy wzmacniacz akustyczny 2x30 W	EP 4/2008	
Lampowy korektor dźwięku	EdW 7/2008	



Rys. 1. Schemat ideowy toru audio



Rys. 2. Schemat elektryczny zasilacza anodowego lamp: a) 6H13C, b) 6H8C, c) 6H13C

du anodowego (I1), a ten z kolei wymusza modulację spadku napięcia na rezystorze anodowym R3. Wzmocniony w ten sposób sygnał

akustyczny, zostaje odseparowany od składowej stałej przez kondensator C2 i podany na następny stopień. Trioda V1/2 to układ in-

wertera. Rezystor R6 także polaryzuje siatkę sterującą. Ponownie zmiana potencjału na siatce powoduje zmianę prądu I2. Ponieważ rezystancje R7 i R8 są równe, powstają na nich takie same, tym razem już nie wzmocnione sygnały. Są one w przeciwfazie. V2/1 i V2/2 to drivery stopnia mocy ze sprzężeniem katodowym. Ich zadaniem jest dostosowanie oporu wyjściowego i poziomu sygnału dla następnego stopnia. V3/1 i V3/2 to symetryczny stopień końcowy. Ujemne napięcie  $U_p$  pochodzące z zasilacza polaryzacji, który będzie omówiony dalej, obniża potencjał siatki sterującej względem katody o prawie 100 V. Jest to polaryzacja stała. Lampy V3/1 i V3/2

pracują przeciwsośnie, co wynika z faktu, że do ich wejść są doprowadzone sygnały będące względem siebie w przeciwfazie. Układ taki nazwano Push-Pull (jedna trioda „ciągnie”, a druga „pcha”) – dla prądu stałego lampy są połączone równoległe, a dla zmiennego szeregowo. Tym razem obciążeniem anodowym jest transformator głośnikowy z dzielonym uzwojeniem pierwotnym. Zmiany prądu przez niego płynące indukują pole magnetyczne, które z kolei wytwarza prąd na uzwojeniu wtórnym. Transformator przekłada mały opór głośnika na duży opór roboczy. Warto także wspomnieć, dlaczego w aplikacji zastosowano

rezystory R2, R16, R17 przed siatkami lamp. Są to filtry aktywne. Rezystor razem z pojemnością wewnętrzną siatka-katoda tworzą filtr górnozaporowy. Dzięki nim wzmacniacz nie wzbudza się na częstotliwościach ponadakustycznych. Miliamperomierz A1 wraz z diodą Da i rezystorem Ra to prosty, logarytmiczny wskaźnikysterowania. Nie wpływa on znacznie na sygnał wyjściowy?

### Zasilacze

Aby urządzenie spełniało swoje zadanie, należy dostarczyć mu wystarczająco dużo energii. Wbrew pozorom, zasilacz to również ważna część. Źle wykonany zasilacz może być przyczyną powstawania zniekształceń sygnału wyjściowego, co oczywiście jest niedopuszczalne w lepszym sprzęcie audio. Mówi się, że zasilacz musi być sztywny, czyli nawet przy maksymalnym poborze prądu powinien dawać to samo, stałe napięcie, co bez obciążenia. Oczywiście w praktyce nie jest to możliwe, ponieważ nie istnieją idealne źródła napięciowe. Aby jednak skutecznie zwalczyć ten problemem, stosuje się odpowiednio mocniejszy transformator sieciowy. Zasilacz posiada w ten sposób niezbędny zapas energii, a dzięki niemu różnica napięcia na wyjściu zasilacza przy maksymalnym i minimalnym poborze prądu staje się nieznaczna.

Napięcie przemienne pochodzące z odczepów transformatora sieciowego (rys. 2a) zostaje prostowane na duodiodzie próżniowej V4 i filtrowane przez kondensatory C8...C13 wraz z dławikiem L1. Na czas ładowania kondensatorów elektrolitycznych prąd płynący przez lampę V4 jest ograniczany przez rezystor R20. Prąd ten nie może przekraczać natężenia 230 mA.

Tab. 1. Parametry poszczególnych uzwojeń i odczepów transformatora sieciowego

Napięcie zmienne	Wydajność prądowa	Komentarz
2x210 V	320 mA	Uzwojenie dla dwóch oddzielnych zasilaczy anodowych lamp 6H13C (czterech triod). Napięcie jest bardzo wysokie, ale należy pamiętać, że spadek na duodiodzie próżniowej może sięgnąć nawet 60 V
260 V	50 mA	Uzwojenie dla zasilacza anodowego czterech lamp 6H8C (ośmiu triod)
120 V	20 mA	Uzwojenie dla zasilacza polaryzacji dwóch lamp 6H13C (czterech triod)
5 V	3,5 A	Uzwojenie dla grzejnika pierwszej lampy 5LJ3C
5 V	3,5 A	Uzwojenie dla grzejnika drugiej lampy 5LJ3C
2x3,15 V	8 A	Uzwojenie dla grzejnika czterech lamp 6H8C i dwóch lamp 6H13C

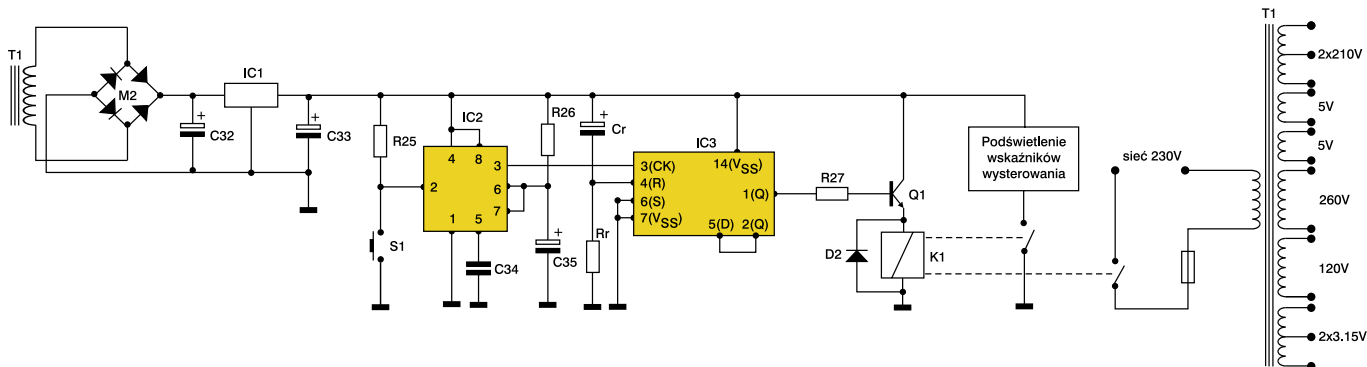
Z tego samego powodu nie wolno zwiększać pojemności C8, gdyż drastycznie skróci to żywotność lampy prostującej. W prototypie, aby uniknąć powstawania przegłosów (czyli sprzęgania ze sobą kanałów), stopnie końcowe obydwu kanałów posiadały oddzielne zasilacze. Ważne jest, aby lampy prostownicze miały oddzielne uzwojenia żarzenia, w innym wypadku nóżki obydwu lamp **muszą być połączone równolegle** (pierwsza z pierwszą, druga z drugą itd.). Na rys. 2b przedstawiono schemat klasycznego zasilacza z prostownikiem półprzewodnikowym. Kondensatory C14...C17 nie są obowiązkowe. Na rys. 2c został przedstawiony zasilacz polaryzacji lamp mocy. Ma on wytworzyć napięcie ujemne, więc dioda D1 i kondensatory C23 i C24 muszą być dołączone „na odwrót”. Rezystorami nastawnymi P2...P5 reguluje się potencjał na konkretnych siatkach lamp mocy. Rezystory R21...R24 ustalają opór wejściowy stopni końcowych, dlatego ich wartości powinny być duże. W każdym z zasilaczy należy zastosować minimum trzy kondensatory małej pojemności (około 100 nF), tak jak to przedstawiono na schematach (C11...C13, C20...C22, C25...C27). Skutecznie wspomagają one filtrację, ponieważ niwelują stosunkowo dużą indukcyjność własną kondensatorów elek-

trolitycznych. Warto też stosować takie kondensatory bezpośrednio przy stopniach napięciowych (np. przy kondensatorach C1 i C5). Ze względu na bardzo rozbudowane zasilanie urządzenia, odradzam własnoręczne nawijanie transformatora sieciowego. Gdyby jednak ktoś chciał wykonać ten krok, to w tab. 1 zostały przedstawione parametry poszczególnych odczepów.

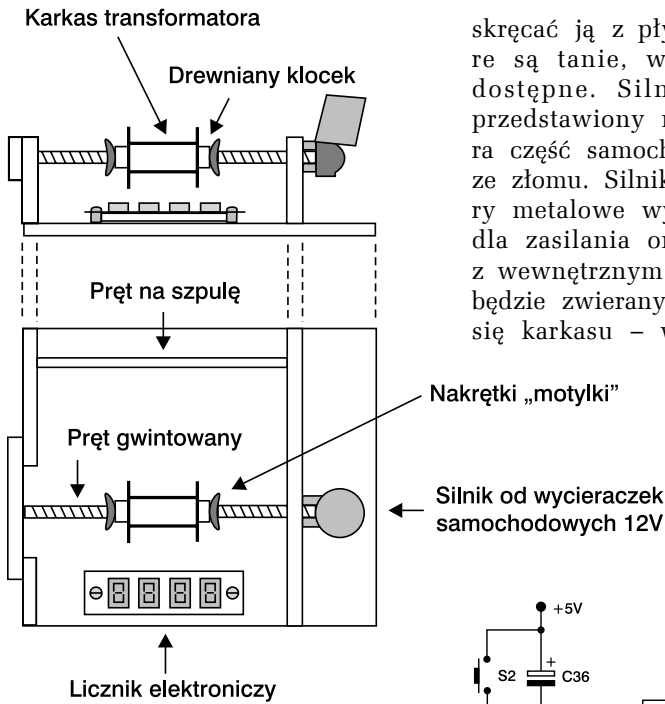
### Włącznik

Aby wzmacniacz wyglądał nowocześniej, został wyposażony we włącznik stykowy, którego schemat jest przedstawiony na rys. 3. Włącznik powinien posiadać oddzielny transformator sieciowy małej mocy. Takie rozwiązanie zabezpieczy drogi transformator zasilający układ lampowy przed ewentualnymi uszkodzeniami. Układ IC1 stabilizuje odfiltrowane przez C32 napięcie pochodzące z prostownika M2 i obniża je do wartości 5 V. Kondensator C33 jest obowiązkowy, ponieważ stabilizator mógłby bez niego się wzbudzić. Układ IC2 pracuje w konfiguracji multiwibratora monostabilnego. Stan niski na nóżce 2 powoduje wy-

Nazwa 6H13C to po polsku 6N13S (zamiennikiem jest lampa 6AS7)  
 Nazwa 6H8C to po polsku 6N8S (zamiennikiem jest lampa 6SN7)  
 Nazwa 5LJ3C to po polsku 5C3S



Rys. 3. Schemat ideowy włącznika stykowego



Rys. 4. Budowa nawijarki

generowanie stanu wysokiego na wyjściu (nóżka 3) o czasie trwania  $T=1,1 \cdot R_{26} \cdot C_{35}$ . IC3 to przetrzutnik typu T. Steruje on tranzystorem Q1, który z kolei zwiera lub rozziera obwody przekaźnika. Dioda D2 zabezpiecza tranzystor Q1 przed SEM cewki przekaźnika. Ponieważ po włączeniu zasilania układ IC3 generuje losowy stan na swoim wyjściu, należy wyzerować go po jakimś czasie. Dzięki rezystorowi Rr i kondensatorowi Cr wzmacniacz po włączeniu do sieci będzie zawsze wstępnie wyłączony.

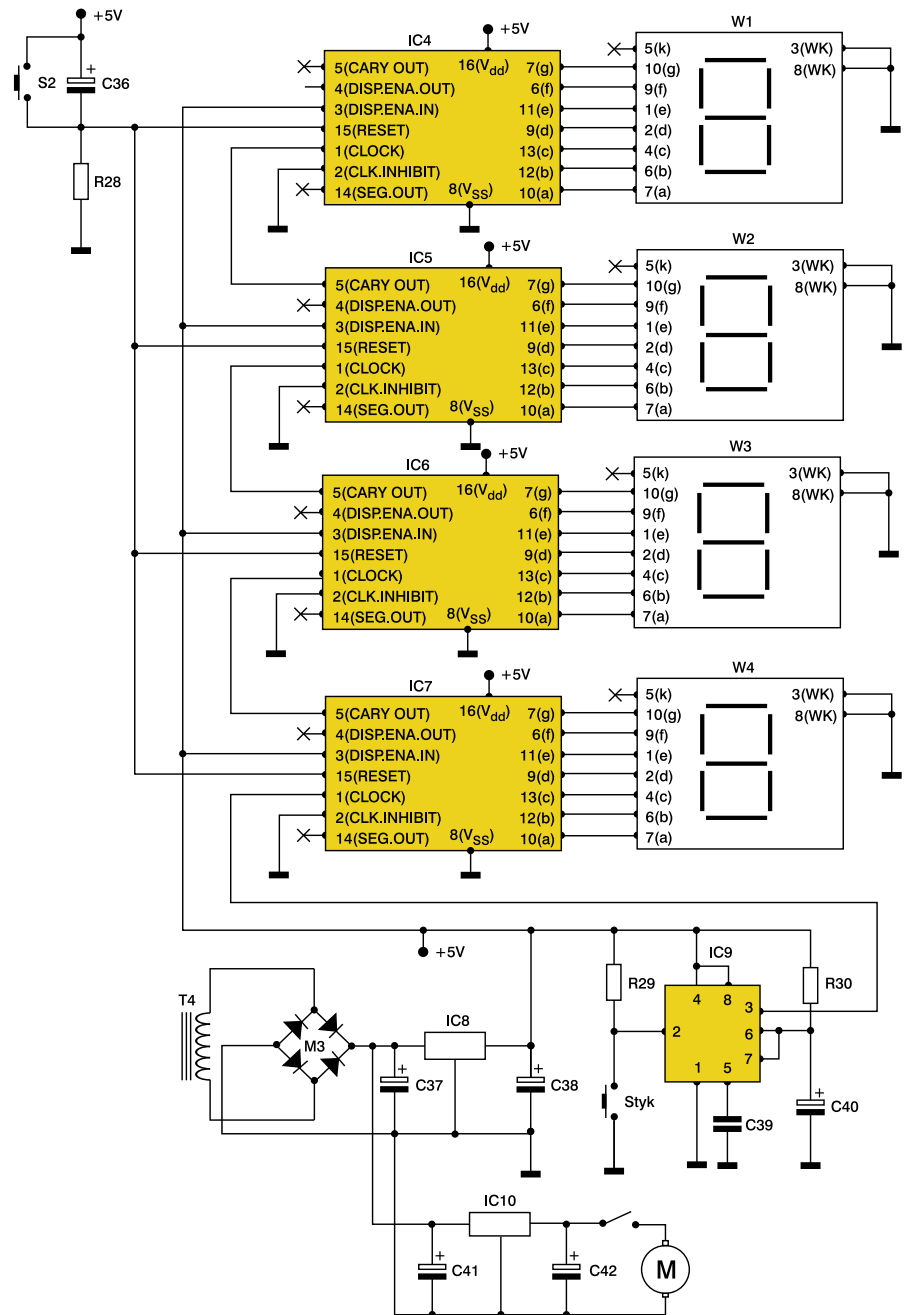
### Elementy indukcyjne

O wysokich cenach wzmacniaczy lampowych decydują nie same lampy, a takie elementy jak transformatory i dławiki. Zakup niezbędnych w aplikacji transformatorów głośnikowych to czasem wydatek nawet ponad 400 złotych! Na szczęście można w dość prosty sposób rozwiązać ten problem, samemu nawijając wszelkie elementy indukcyjne. Warto do tego wyposażyć się w prostą nawijarkę, której budowę mechaniczną przedstawiłem na rys. 4. Najlepiej po-

skręcać ją z płyt wiórowych, które są tanie, wytrzymałe i łatwo dostępne. Silnik prądu stałego przedstawiony na rysunku to stara część samochodowa pochodząca ze złomu. Silnik taki posiada cztery metalowe wyprowadzenia: dwa dla zasilania oraz dwa połączone z wewnętrznym stykiem. Styk ten będzie zwierany podczas obracania się karkasu – w ten sposób licznik

będzie zliczać na bieżąco nawinięte zwoje. (**UWAGA!** Czasami wewnętrzny styk jest podłączony z jednej strony do bolców zasilania – przy zamknięciu obwodu napięcie 12 V trafia na układ zliczający i może go uszkodzić. Przed podłączeniem do elektronicznego licznika należy się upewnić, że styk jest całkowicie odseparowany od zasilania silnika!). Przykładowy schemat licznika przedstawiono na rys. 5, nie będziemy go jednak dokładnie omawiać.

Za miesiąc c.d. – konstrukcja, montaż i pomiary  
**Tomasz Orłowski**  
 sov@o2.pl



Rys. 5. Schemat licznika nawijarki transformatorów

**UWAGA!**  
 W urządzeniach lampowych występują wysokie napięcia stwarzające niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia. Zawsze należy pracować z „jedną ręką w kieszeni”, czyli nie dotykać urządzenia dwoma rękami jednocześnie.