

**Instrukcja obsługi**  
**Latającego Miernika Modelarskiego**  
**LMM20**

Wersja oprogramowania 1.1

**Marek Szabelewski**  
[marek@tl2000.com.pl](mailto:marek@tl2000.com.pl)

## Spis treści

Spis treści .....	2
Historia zmian .....	3
Wstęp .....	4
Podłączenie .....	4
Współpraca z komputerem .....	5
Obsługa .....	5
Pomiary .....	7
Napięcie .....	7
Moc .....	8
Natężenie prądu .....	8
Ładunek .....	9
Czas .....	9
Alarm od przekroczenia ładunku .....	10
Wygaszenie wyświetlacza i „Autoscan” .....	10
Funkcje specjalne .....	11
Ustawianie progu alarmu od ładunku .....	11
Kalibracja napięcia .....	12
Kalibracja prądu .....	12
FAQ .....	14
Parametry techniczne .....	15

## Historia zmian.

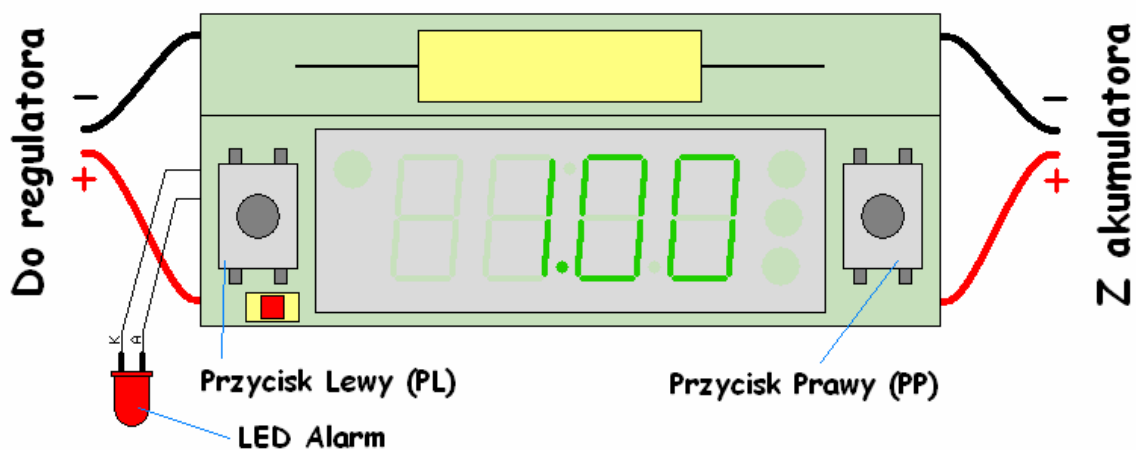
Data	Wersja	Temat
18-10-2009	1.0	Wersja początkowa
21-10-2009	1.1	Dodano pomiary i wyświetlanie wartości średnich Funkcja Autoscan

## Wstęp.

Latający Miernik Modelarski (LMM) został przeze mnie skonstruowany z myślą o ostrzeganiu przed wyładowaniem akumulatora. Jego głównym zadaniem jest pomiar ładunku pobranego przez silnik i pozostałe odbiorniki energii (serwa, odbiornik radiowy, oświetlenie itp.) oraz aktywacja diody alarmowej LED po przekroczeniu zadanego progu. Ponieważ „przy okazji” urządzenie mierzy i wyświetla kilka innych wielkości, takich jak natężenie prądu, napięcie czy moc to myślę, że znajdzie zastosowanie również w czasie np. testowania czy dobierania zestawów akumulator – napęd. Z uwagi na mierzony prąd (do 30A) można go użyć wszędzie tam, gdzie kończą się zakresy prądowe typowych mierników laboratoryjnych.

## Podłączenie.

Sposób podłączenia miernika jest bardzo prosty. Ponieważ jest on przede wszystkim amperomierzem, włączamy go szeregowo między akumulator a pozostałą część instalacji elektrycznej modelu. W typowym przypadku jedynym bezpośrednim odbiornikiem energii jest regulator silnika, zasilający z kolei (ze swojego BEC) odbiornik radiowy i serwa. Poniżej znajduje się schemat podłączenia i opis najważniejszych elementów miernika. Jeżeli używamy złącz typu „gold”, najwygodniej jest przylutować je wprost do odpowiednich pól na płytce drukowanej. Oszczędzamy wtedy na masie kabli i zachowujemy możliwość latania zarówno z miernikiem jak i bez niego.



Alarmowa dioda LED podłączana jest do miernika bez żadnego rezystora ograniczającego. Jego rolę pełni specjalnie sterowany tranzystor (źródło prądowe) na płytce miernika. Układ ten zapewnia stałą jasność świecenia diody niezależnie od napięcia zasilającego miernik. Prąd diody wynosi ok. 18mA. Tym samym sygnałem alarmu sterowana jest mała dioda LED umieszczona tuż obok przycisku PL. Szczegóły dotyczące sposobu użytkowania miernika znajdziesz w rozdziale „Obsługa”.

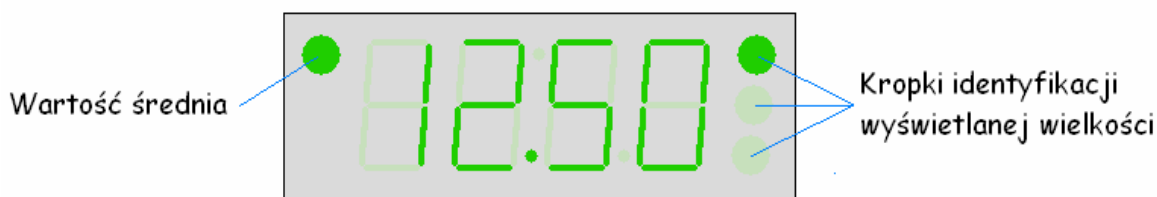
## Współpraca z komputerem.

Miernik wyposażony jest w uproszczony interfejs RS-232, ale jak do tej pory używałem go tylko jako pomoc podczas uruchamiania oprogramowania. Niewykluczone, że w przyszłości rozszerzę pewne funkcje miernika tak, by interfejs ten wykorzystać. Myślę o zbieraniu logu z napięcia i/lub prądu w czasie lotu i odczycie tych wielkości po wylądowaniu.

## Obsługa

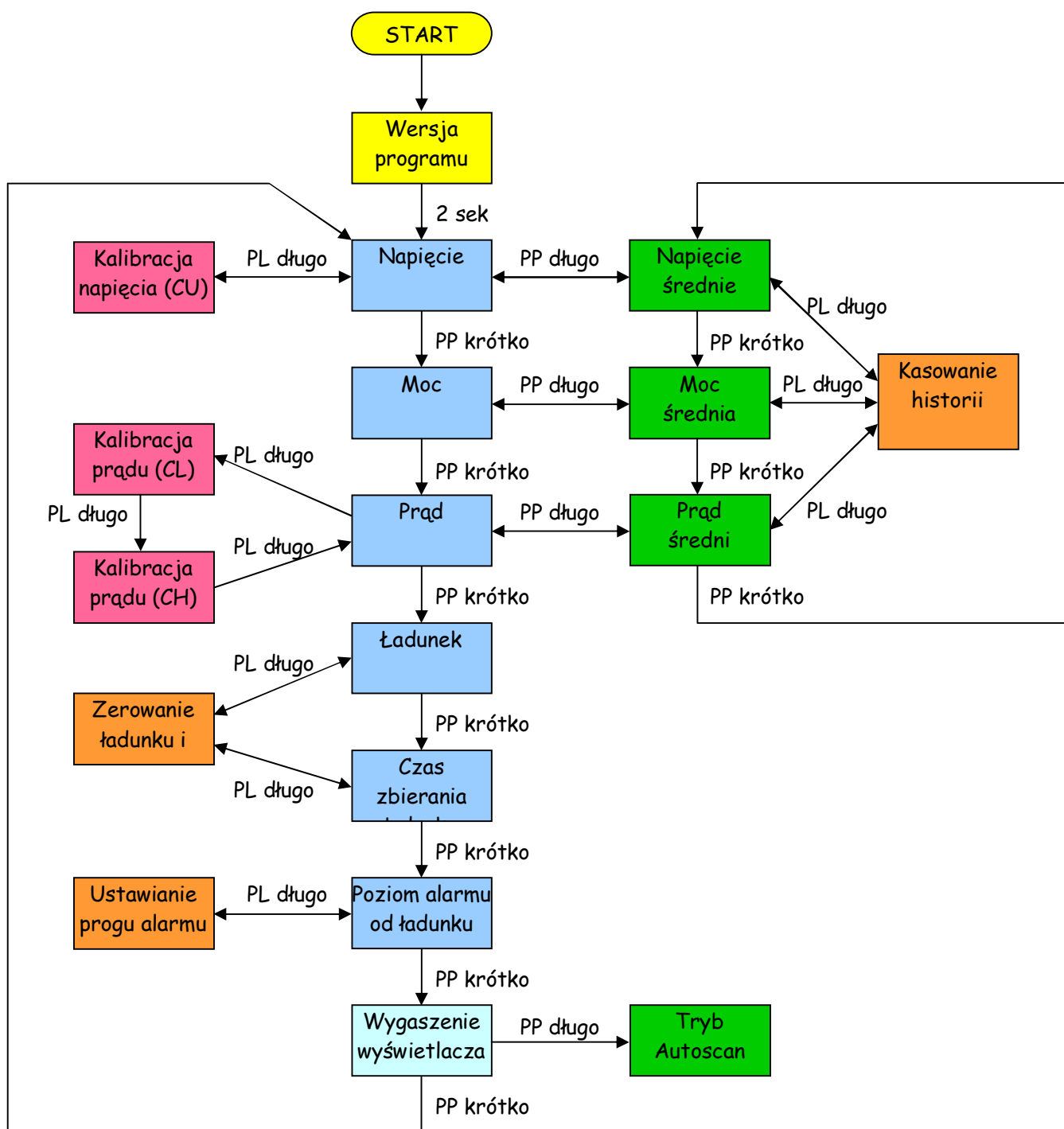
Po włączeniu zasilania miernik pokazuje przez chwilę wersję wpisanego oprogramowania a następnie przechodzi do wyświetlania napięcia.

Wyświetlacz możemy podzielić na trzy obszary. Największy, środkowy zawiera cztery cyfry i służy do pokazywania mierzonej wartości. W zależności od zakresu, między cyframi zapalane są odpowiednie kropki dziesiętne lub dwukropek w przypadku czasu. Po prawej stronie znajdują się trzy duże kropki, za pomocą których miernik sygnalizuje rodzaj wyświetlanej wielkości. Szczegółowy opis ich znaczenia zamieściłem w rozdziale „Pomiary”. Po lewej stronie mamy tylko jedną dużą kropkę – jej zapalenie oznacza, że wyświetlana jest wartość średnia (a nie chwilowa, obecna) mierzonej wielkości.



Do obsługi miernika wystarczają dwa klawiszki. Urządzenie rozróżnia dwa sposoby ich wciskania: krótki i długi. Pierwszy z nich powinien być krótszy niż sekunda czyli tak, jak zwykle to robimy, drugi – aż do skutku widocznego na wyświetlaczu ☺ czyli przez ok. 3 sekundy. Podobne sterowanie funkcjami podpatrzyłem w tzw. komputerkach rowerowych. Kompletny graf przejść miernika zamieściłem poniżej. W typowej sytuacji krótkie wciśnięcia PP powodują cykliczne przeglądanie mierzonej wielkości, czego przykładem jest przejście z góry na dół przez niebieskie pola grafu. Podobnie możemy łatwo przeglądać pola zielone, one także są „połączone” krótkimi naciśnięciami PP. Długie naciśnięcia PP zmieniają wartość chwilową na średnią i na odwrót (dwukierunkowe przejścia między zielonymi a niebieskimi). Oczywiście nie wszystkie mierzone wielkości mają swoje odpowiedniki uśrednione. W obu trybach możemy oglądać napięcie, natężenie prądu i moc. W pozostałych przypadkach (ładunek, czas) wartości średnie nie miałyby sensu.

Jeżeli chcemy zrobić coś specjalnego, musimy użyć długich wciśnień PL. Do takich „operacji specjalnych” zaliczyłem wywołanie procedur kalibracji (pola różowe), zerowanie liczników czasu, ładunku i wartości średnich oraz ustawianie progu alarmu (pola brązowe). Na początku wygląda to dość skomplikowanie ale bliższe przyjrzenie się strzałkom i kolorowym prostokątom na grafie pozwoli dostrzec wiele prawidłowości. Mam nadzieję, że udało mi się uczynić obsługę miernika na tyle prostą i intuicyjną, na ile pozwolił prosty interfejs użytkownika.



## Pomiary

Wartości chwilowe czyli napięcie i natężenie prądu mierzone są przez procesor z szybkością ok 9 tys próbek na sekundę. Zastosowanie filtra dolnoprzepustowego 20Hz oraz duża liczba pomiarów umożliwia znaczną poprawę rozdzielczości 10-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego. I tak w przypadku napięcia otrzymujemy 12 bitów a w przypadku natężenia prądu, 14 bitów. Uzyskane w ten sposób próbki są następnie uśredniane w paczkach po 16. W ten sposób otrzymujemy ok. 2 próbki na sekundę każdej z obu mierzonych wielkości.. Moc wyznaczana jest ze wzoru  $P = U \cdot I$ , jako iloczyn napięcia i prądu.

Ładunek czyli to, do czego miernik został stworzony jest po prostu zsumowanymi próbkami natężenia prądu przeliczonymi na odpowiednie jednostki (mAh). Operacja „Zerowanie ładunku i czasu” (patrz graf przejść) umożliwia rozpoczęcie zliczania ładunku (i czasu) od początku. Widzimy ją po lewej stronie narysowanego grafu.

Poniżej opisałem bardziej szczegółowo sposoby wyświetlania wielkości mierzonych w kolejności takiej, jak pokazywane są na wyświetlaczu podczas ich przeglądania przy użyciu PP.

### Uwaga o wartościach średnich

Obliczenia wartości średnich napięcia, prądu i mocy bazują na historii pamiętanej jako suma pomiarów oraz ich liczba i liczone są za okres od włączenia miernika (lub ostatniego kasowania historii) do chwili obecnej. Nie jest to zerowanie bowiem wartości średnie startują od odpowiednich wartości chwilowych obecnych w chwili kasowania. Funkcja kasowania historii dostępna jest poprzez długie wciśnięcie PL za każdym razem, gdy pokazywana jest jedna z trzech wartości średnich. Funkcja ta widoczna jest jako brązowe pole po prawej stronie grafu.

## Napięcie

Ponieważ miernik jest zasilany z tego samego napięcia które mierzy, jego minimalne napięcie pracy (i pokazywane) wynosi ok. 4.8V. Górny zakres ograniczony jest dopuszczalnymi napięciami użytych elementów i nie powinien przekraczać 18V. Pokrywa to w całości zakres napięć akumulatorów LiPol 2S..4S, używanych powszechnie w modelach elektrycznych. Niestety zbyt wysokie napięcie minimalne wyklucza użycie miernika do nadzoru pakietów zasilających odbiorniki (4xNiMH) lub do pakietów LiPol 1S.



Powyżej narysowałem wyświetlacz miernika podczas pokazywania napięcia 7.82V. W tym stanie długie wciśnięcie PP przełącza między wyświetlaniem wartości chwilowej (lewa kropka zgaszona) i

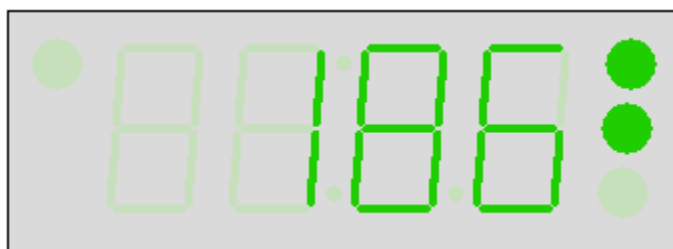
średniej (lewa kropka zapalona). Długie wciśnięcie PL wywołuje procedurę kalibracji pomiaru napięcia (rozdział „Kalibracja napięcia”).

## **Moc**

Moc wyliczana jest przez procesor miernika jak iloczyn prądu i napięcia i jest mocą chwilową pobieraną przez obciążenie. W zależności od zmierzonej mocy może być ona pokazywana z rozdzielczością 10mW (w zakresie 0 ÷ 99.99W) lub 1W (100W i powyżej).



Na rysunku powyżej widać wyświetlacz miernika podczas pokazywania mocy 47.95W. Brak kropki dziesiętnej oznacza moc  $\geq 100W$ . Przykład wyświetlania 186W pokazałem poniżej.



W czasie wyświetlania mocy mamy możliwość przełączania (za pomocą długich wciśnień PL) między mocą chwilową i średnią.

## **Natężenie prądu**

Natężenie prądu mierzone jest jako spadek napięcia na szeregowym rezystorze wzorcowym czyli tak, jak w większości typowych amperomierzy. Zakres pomiaru wynosi 30A i ograniczony jest dopuszczalną mocą strat na rezystorze. Obserwując temperaturę rezystora można trochę przekroczyć prąd maksymalny ale radzę ograniczyć ten czas do kilku sekund a prąd nie powinien być większy niż 33A. To z kolei wynika z niewielkiego (10%) zapasu zakresu pracy wzmacniacza w torze pomiarowym. Do prądu pokazywanego na wyświetlaczu wliczony jest też prąd pobierany przez sam miernik, ponieważ daje to obraz rzeczywistego obciążenia akumulatora. W celu ograniczenia strat związanych głównie z pracą wyświetlacza LED, istnieje możliwość jego wyłączenia – patrz rozdział „Wygaszenie wyświetlacza”.

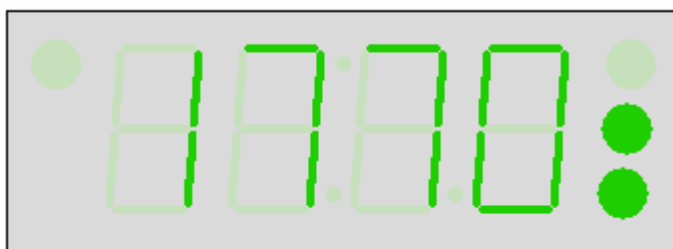




Wyświetlacz miernika podczas pomiaru prądu 6.13A. Odczyt prądu średniego i chwilowego możemy zamieniać za pomocą długich wciśnień PP natomiast długie wciśnięcie PL powoduje wejście do stanu kalibracji pomiaru prądu (rozdział „Kalibracja prądu”).

## **Ładunek**

Miernik wyznacza ładunek, który przez niego przepłynął całkując natężenie prądu po czasie i przeliczając wynik na miliamperogodziny (mAh). Ograniczeniem tej wielkości jest „pojemność” wyświetlacza do 4 cyfr, czyli 9999mAh. Przekroczenie powoduje, że pokazywany ładunek już się nie zwiększa i wskazanie zostaje na 9999. Uznałem, że akumulatory o pojemnościach 10Ah i większych są w modelarstwie rzadkością. Z pomiarem ładunku związana jest najważniejsza (dla mnie) funkcja miernika, czyli ostrzeżenie przed rozładowaniem akumulatora – patrz rozdział „Alarm od przekroczenia ładunku”.



Wyświetlacz miernika podczas pokazywania ładunku 1770mAh.

W tym stanie długie wciśnięcie PL powoduje wyzerowanie dotychczas zmierzonego ładunku i licznika czasu. Pomiar ładunku i czasu startuje niezwłocznie po wyzerowaniu.

## **Czas**

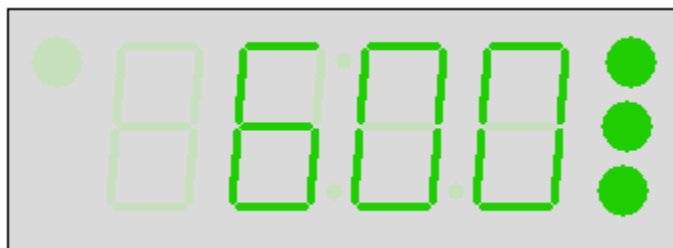
Pomiar czasu jest funkcją dodatkową. Licznik czasu jest zerowany jednocześnie z zerowaniem licznika ładunku (patrz poprzedni rozdział) i zlicza do 100 minut. Po osiągnięciu tego czasu, zatrzymuje się na 4-cyfrowym wskazaniu maksymalnym, czyli 99min 59s.



Czas 17 minut i 20 sekund na wyświetlaczu miernika. W tym stanie długie wciśnięcie PL powoduje wyzerowanie licznika czasu i ładunku.

## **Alarm od przekroczenia ładunku**

Ta wielkość jest progiem, w pobliżu którego uaktywniana jest alarmowa dioda LED. Domyślnie miernik ma ustawione 600mAh co wydaje mi się odpowiednią wartością dla nowego akumulatora 700mAh. Zostaje wtedy ok. 100mAh (14% pojemności) na dociągnięcie do lotniska i ładowanie.



Powyżej: widać próg alarmu od przekroczenia ładunku ustawiony na 600mAh. Dioda LED zaczyna spokojnie błyskać (raz na ok. 1.5 sekundy), gdy zliczony ładunek przekroczy 80% ustawionej wielkości alarmowej. W przypadku 600mAh ten pierwszy próg ostrzegania wynosi więc  $0.8 \cdot 600 = 480$ mAh. Po kolejnych 10% progu (czyli  $0.9 \cdot 600 = 540$ mAh) mruganie wyraźnie przyspiesza, do ok. 2 razy na sekundę. Dotarcie do 100% wyzwała bardzo szybkie błyski diody.

Dobierając poziom alarmu należy zostawić sobie taki zapas energii w akumulatorze, na ile pozwalają nasze doświadczenie oraz możliwości szybowania modelu :) Należy też pamiętać, że wysokie prądy obciążenia obniżają napięcie akumulatora co powoduje, że regulator może „odciąć” wcześniej, zanim wyczerpie się do 100% pojemności znamionowej. Przeprowadzone przeze mnie próby wykazały, że lekko używany akumulator LiPoI 2S 700mAh oddaje tylko 510mAh przy prądzie obciążenia 2.5A i ponad 600mAh przy 1.5A. Za każdym razem używałem tego samego modelu i tego samego napędu. Powodem krótszego latania był poziom odcięcia ustawiony fabrycznie w regulatorze. Oznacza to, że w czasie pierwszych minut lotu, gdy napięcie akumulatora jest jeszcze wysokie można trochę poszaleć. Natomiast jeśli chcemy wykorzystać całą dostępną energię źródła, powinniśmy pod koniec latać trochę spokojniej. Mniejszy prąd obciążenia oznacza wyższe napięcie, które oddala nas od progu odcięcia regulatora. W ten sposób można wylatać praktycznie całą pojemność akumulatora. Przed ustaleniem progu alarmowego proponuję wykonać kilka testów na ziemi i ocenić, ile pojemności jesteśmy w stanie wykorzystać przy uwzględnieniu naszego stylu latania.

## **Wygaszenie wyświetlacza i „Autoscan”**

Ostatnią pozycją osiągalną poprzez krótkie wciśnięcia PP jest wygaszenie wyświetlacza.

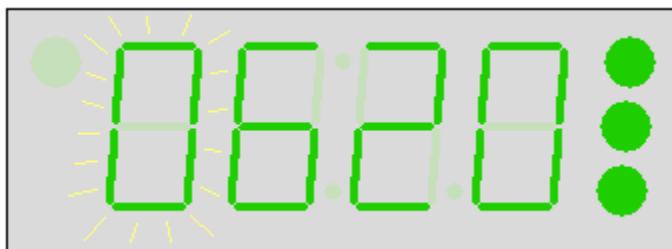
Wprowadziłem ją w celu oszczędności energii. W kabinie samolotu wyświetlacz nie musi świecić a wszystkie funkcje pomiarowe i alarmowe działają bez zmian. Jediną oznaką „życia” miernika pozostaje mrugający mniej więcej raz na sekundę dwukropek. Myślę, że rysunek tego stanu nie jest zbyt interesujący ☺. Do wyświetlania napięcia powracamy poprzez kolejne krótkie wciśnięcia PP.

W stanie wygaszenia możliwa jest aktywacja jeszcze jednej funkcji, nazwanej przeze mnie Autoscan. Wprowadziłem ją podczas prób na biurku, gdy model, kable i kręcące się śmigło bardzo utrudniały dostęp do przycisków miernika. Długie naciśnięcie PP w czasie wygaszonego wyświetlacza wyzwała automatyczne przeglądanie pomiarów. Każda wielkość pokazywana jest przez ok. 2 sekundy w cyklu: napięcie → moc → prąd → ładunek → czas → napięcie itd..

Oczywiście prawe kropki zapalają się odpowiednio do wyświetlanej wielkości. Funkcję autoscan można przerwać naciskając krótko PP. Wyświetlanie zostaje zatrzymane na aktualnie pokazywanej wielkości.

## Funkcje specjalne

Do funkcji specjalnych zaliczyłem niektóre operacje dostępne poprzez długie wciśnięcie PL. Należą do nich ustawianie progu alarmu i kalibracje części pomiarowej miernika. Wszystkie wymienione funkcje wymagają od nas ustawienia pewnych liczb na wyświetlaczu. Stan „programowania” w którym powinniśmy coś ustawić, sygnalizowany jest pokazaniem wszystkich 4 cyfr wyświetlacza i mruganiem jednej z nich np:



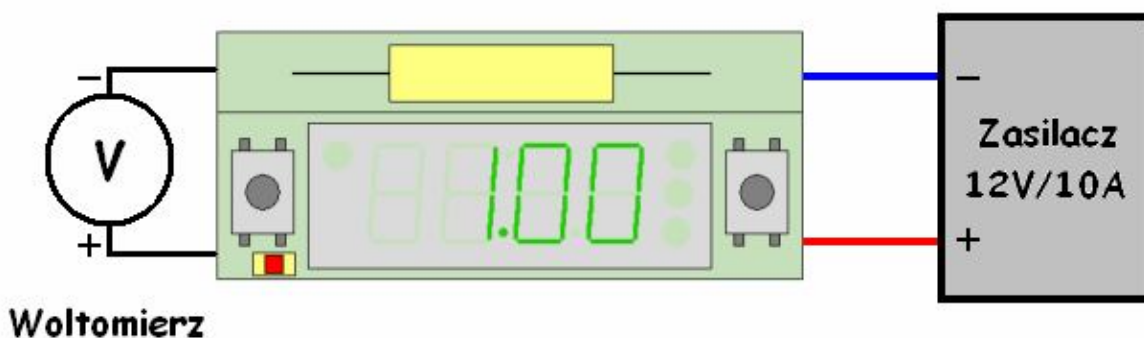
Trzy kropki w kolumnie po prawej stronie pokazują rodzaj programowanej wartości, w tym przypadku jest to próg alarmu od przekroczenia ładunku. Mrugającą cyfrę inkrementujemy (zwiększamy o 1) za pomocą krótkiego wciśnięcia PP a przesuujemy się do kolejnej cyfry poprzez krótkie wciśnięcia PL. Ustawianą wielkość możemy „obiegać” mruganiem wielokrotnie. Jeżeli coś poszło nie tak albo tylko chcemy sobie przypomnieć, jaką wartość miała ustawiana wielkość na początku, ratuje nas długie wciśnięcie PP, odtwarzające stan pierwotny i powracające do mrugania najbardziej znaczącej cyfry. Proces ustawiania kończymy długim wciśnięciem PL czyli tym samym, od którego ustawianie zaczęliśmy. Widoczna na wyświetlaczu liczba zostaje zapisana do pamięci EEPROM procesora, gdzie przechowywana jest nawet po wyłączeniu zasilania.

### ***Ustawianie progu alarmu od ładunku***

Do tej funkcji wchodzimy długim wciśnięciem PL podczas wyświetlania progu alarmu. Stan licznika ładunku jest na bieżąco porównywany z poziomem alarmu a więc stan diody LED zostanie uaktualniony zaraz po zakończeniu funkcji ustawiania nowego progu. Sam proces ustawiania został właściwie już opisany powyżej, na wstępie rozdziału „Funkcje specjalne”.

## Kalibracja napięcia

Kalibracja pomiaru napięcia jest jednopunktowa tzn musimy wskazać tylko jedno napięcie wzorcowe. Aby taką kalibrację przeprowadzić, potrzebne jest źródło napięcia stałego (może być stabilizowany zasilacz laboratoryjny lub akumulator, najlepiej LiPol 4S ) oraz dobry woltomierz (min. 4½ cyfry), najlepiej o rozdzielczości 1mV na zakresie, którego będziemy używać. Podłączamy miernik (bez obciążenia w postaci np. regulatora po drugiej stronie) do źródła napięcia oraz woltomierz wg rysunku i czekamy minutę na stabilizację warunków pracy układu.

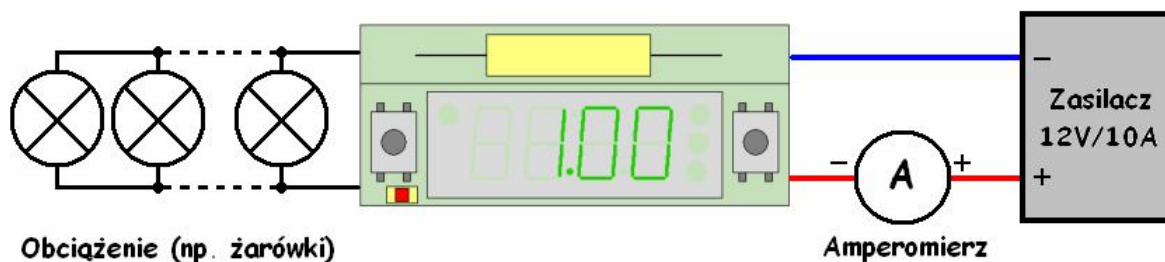


Jeżeli napięcie wskazywane przez miernik nie odbiega o więcej niż 10..20mV (1..2 najmniej znaczące cyfry) od wskazań woltomierza, kalibracja nie jest konieczna. W przeciwnym wypadku wciskamy na dłużej PL i czekamy komunikat „CU” oznaczający start kalibracji napięcia. Po chwili pokaże się pewne domyślne napięcie (16.00V) i zacznie mrugać lewa cyfra. Zgodnie w opisem zamieszczonym wcześniej ustawiamy za pomocą PP i PL napięcie identyczne jak odczytane z woltomierza i kończymy całość długim wciśnięciem PL. Kalibracja jest zakończona a wskazania miernika powinny pokrywać się ze wskazaniami woltomierza wzorcowego  $\pm 20\text{mV}$ .

Aby osiągnąć jak największą dokładność kalibracji, należy wykorzystać napięcie bliskie górnemu zakresowi pracy miernika. Sądzę, że 12V to minimum.

## Kalibracja prądu

Kalibracja pomiaru prądu jest dwupunktowa. Aby ją przeprowadzić, potrzebne jest źródło napięcia stałego (może być stabilizowany zasilacz laboratoryjny lub naładowany akumulator), co najmniej dwa różne i stabilne obciążenia (np. rezystory dużej mocy lub żarówki samochodowe) oraz dobry amperomierz (min. 4½ cyfry), najlepiej o rozdzielczości 1mA na zakresie, którego będziemy używać.



Podłączamy nasz miernik poprzez amperomierz do źródła napięcia, w miejsce regulatora modelarskiego dołączamy pierwsze obciążenie i czekamy minutę na stabilizację warunków pracy układu. W tym czasie doprowadzamy do wyświetlania przez miernik natężenia prądu. Po ustabilizowaniu wskazań wciskamy na dłużej PL i czekamy na komunikat „CL” (Calibrate Low current). Puszczamy przycisk a miernik rozpoczyna wyświetlanie domyślnego prądu (1.00A) z mrugającą lewą cyfrą. Zgodnie w opisie zamieszczonym wcześniej ustawiamy za pomocą PP i PL natężenie prądu odczytane z amperomierza i kończymy tę fazę kalibracji długim wciśnięciem PL. Ukazuje się komunikat „CH” (Calibrate High current) i domyślny prąd drugiego punktu kalibracji równy 10.00A. Dopiero teraz dołączamy drugie obciążenie (pobierany prąd musi być większy), ponownie klawiszami PP i PL ustawiamy natężenie prądu odczytane z amperomierza i kończymy całość długim wciśnięciem PL. Kalibracja jest zakończona a miernik powinien pokazywać przy różnych obciążeniach natężenie prądu takie, jak amperomierz wzorcowy. Błędnie przeprowadzona kalibracja zostanie skwitowana komunikatem „Err”. Powodem takiego zakończenia może być zbyt mała różnica prądów (<2A) lub ich zła kolejność. Najpierw powinien być mniejszy a potem większy. Najlepszą dokładność kalibracji osiągniemy wymuszając prądy jak najbardziej od siebie odległe. Jeśli wzorcem jest typowy miernik o zakresie 10A, to dobrym rozwiązaniem będzie dobranie obciążeń tak, by prądy kalibracji wynosiły ok. 1A (np. akumulator lub zasilacz 12V i żarówka samochodowa 10W) i ponad 9A (dodatkowe dwie żarówki po 45W równolegle do tej pierwszej).

## FAQ

### ▪ Czy miernik powoduje straty energii w modelu ?

Jak każde urządzenie pomiarowe miernik wprowadza niewielkie zaburzenie do obwodów w które jest włączony. Na szczęście niewielka rezystancja bocznika, porównywalna z oporem kabli ( $0.005\Omega$ ) powoduje, że straty są minimalne. Np. przy akumulatorze LiPol 3S i prądzie 20A, do silnika przenoszona jest moc  $12V \cdot 20A = 240W$ . W tym przypadku w mierniku stracimy  $20A \cdot 20A \cdot 0.005\Omega = 2W$ , czyli poniżej 1%. W przypadku mniejszych prądów obciążenia ( $< 1A$ ) straty będą procentowo większe, bo zaczyna być istotny prąd pobierany przez sam miernik. Dlatego wprowadziłem opcję wygaszania wyświetlacza LED.

### ▪ Czy miernik wprowadza zakłócenia ?

Konstrukcja miernika oparta jest na mikroprocesorze czyli układzie cyfrowym ze wszystkimi tego konsekwencjami, takimi jak m.in. impulsowy pobór prądu. Projektując miernik starałem się zminimalizować jego wpływ na działanie odbiornika radiowego poprzez filtrowanie linii zasilania i minimalizację długości połączeń. Miernik pracuje w pobliżu znacznie silniejszego źródła zakłóceń – regulatora 3F i można uznać, że jeśli model poprawnie lata z regulatorem, miernik z pewnością mu nie zaszkodzi. Podczas projektowania instalacji w modelu należy oczywiście jak zwykle stosować się do ogólnie przyjętych zasad np. separacji anteny od obwodów silnoprądowych regulatora i/lub serw. Wpływ miernika będzie z pewnością pomijalny dla aparatów pracujących w paśmie 2.4GHz.

### ▪ Jak rozróżnić co jest akurat wyświetlane i jak to zapamiętać ?

Miernik sygnalizuje rodzaj pokazywanej wielkości za pomocą kombinacji trzech kropek znajdujących się po prawej stronie wyświetlacza. Zapamiętać trzeba jedynie to, że górna oznacza napięcie a środkowa natężenie prądu. Czas (dolna kropka) wyświetlany jest z dwukropkiem między minutami a sekundami więc łatwo go odróżnić. Moc i ładunek wyświetlane są z użyciem kropek będących składnikami tych wielkości. Moc jest iloczynem napięcia i prądu (górna i środkowa kropka) a ładunek to wynik zliczania prądu w czasie (środkowa i dolna kropka). Alarm to wszystkie kropki zapalone – też jest raczej łatwy. Myślę, że minuta treningu (ew. z instrukcją w rękę) będzie wystarczająca nawet dla najbardziej odpornych 😊

### ▪ Czy jest możliwe „odchudzenie” miernika ?

Tak, wymyśliłem to gdy montowałem pierwszy, modelowy egzemplarz. W założeniach wyświetlacz LED miał być osadzony na stałe ale przecież mogę celowo zmontować miernik w wersji z odłączanym wyświetlaczem. Służy on tylko do pokazywania mierzonych wartości, kalibracji i programowania progu alarmu. W czasie lotu i tak niczego odczytać nie można a kalibrację wykonuję w trakcie uruchamiania urządzenia. Po ustawieniu progu alarmu płytkę wyświetlacza można odłączyć (przy wyłączonym zasilaniu!) i używać miernika jako przypomniacz o zbliżającym się rozładowaniu akumulatora. Dioda LED powinna być oczywiście wyprowadzona na zewnątrz kadłuba modelu. W razie konieczności zmiany progu, wyświetlacz zawsze można podłączyć z powrotem. Wersja rozłączana jest odrobinę cięższa i wyższa (dodatkowe złącze) ale za to daje możliwość obniżenia masy wtedy, gdy jest to naprawdę konieczne.

## Parametry techniczne.

Mierzone wielkości (zakres i rozdzielczość)	Napięcie: 4.5 ÷ 18V, 10mV Prąd: 0 ÷ 30A, 10mA Moc: 0 ÷ 540W, 10mW lub 1W Ładunek: 0 ÷ 10Ah, 1mAh Czas: 0 ÷ 100min, 1 sek
Dokładność	Lepsza niż 0.5% pełnej skali
Pobór prądu	max: 120mA w trybie wyłączonego wyświetlacza: < 40mA bez wyświetlacza: <25mA
Waga	ok. 15.5 g bez wyświetlacza: ok. 8.7 g

Milej zabawy.

Marek Szabelewski (marek1707)