

Fmeter – licznik częstotliwości i czasu

Szukając licznika częstotliwości, natrafiałem na proste układy pokrewne AVT2885, gdzie uproszczenia konstrukcyjne przekładały się na różne niedoskonałości np. niską rozdzielczość przy pomiarze małych częstotliwości. Ostatecznie zaprojektowałem własną konstrukcję bazującą na nowoczesnym mikrokontrolerze z rodziny STM32. Wybór, modelu STM32F401 był poddyktowany jego ogromnymi możliwościami oraz niską ceną.

Budowa i działanie

Konstrukcja miernika nie jest skomplikowana, schemat pokazano na **rysunku 1**. Liniowy stabilizator U4 poradzi sobie z napięciem wejściowym o wartości do 12 V, jednak wtedy może się zbyt mocno nagrzewać i wyłączyć (ale nie uszkodzi się). W ograniczonym zakresie, przed skutkami odwrotnego podłączenia zasilania zabezpiecza dioda D5. Stabilizowane napięcie zasila mikrokontroler. Jest on wyposażony w blok pętli PLL, która umożliwia taktowanie układu z częstotliwością do 84 MHz, przy dołączonej płytce kwarcu 8 MHz.

Wyniki pomiaru są prezentowane na czterech wyświetlaczach LED 7-segmentowych oraz OLED 128×32. Zastosowanie wyświetlacza OLED pozwala w czytelny sposób wyświetlić jednostkę pomiarową oraz dodatkowe informacje, co nie byłoby możliwe

z użyciem kilku diod LED. Cztery przyciski sterują pracą miernika. Prosty wzmacniacz wejściowy znany z AVT2885 pozwala na doprowadzenie sygnału pomiarowego o amplitudzie 0,2...1 V. Wejścia cyfrowe są zabezpieczone transilem SRV05-4.

Montaż i uruchomienie

Montaż jest standardowy i nie wymaga szczegółowego opisu. Przed rozpoczęciem montażu należy zastanowić się, czy wyświetlacze będą montowane w podstawce i złączu, czy nie. Gdy użyta będzie podstawka, należy zaopatrzyć się w dłuższe przyciski niż w przypadku wlotowania wyświetlaczy w płytkę. Kondensatory C8 i C9 powinny być typu Low ESR. Z tego powodu połączono je równolegle. Mikrokontroler można zaprogramować przez złącze J3. Schemat płytki wraz z rozmieszczeniem elementów pokazują **rysunki 2 i 3**.

Poprawną pracę programu sygnalizuje miganie diody D6 „Run” z częstotliwością 1 Hz. Dioda D7 oznaczona „Err” miganiem informuje o poważnym błędzie w programie lub sprzęcie, na przykład sygnalizuje niepoprawną pracę oscylatora. W takich okolicznościach, po kilkunastu sekundach mikrokontroler zostanie zresetowany.

Na płytce przewidziano miejsce na pamięć EEPROM U3. Jest ona konieczna tylko wtedy, gdy chcemy, aby ustawienia były zapamiętane po wyłączeniu zasilania. Dlaczego EEPROM nie została emulowana w pamięci FLASH? Wynika to z faktu, że STM32F401 ma tylko pięć stron pamięci o rozmiarach 4×16 kB,

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5755

Podstawowe parametry:

- pomiar częstotliwości w zakresie 0,1 Hz...42 MHz,
- czas bramkowania zliczania: 1 s,
- dla częstotliwości mniejszych niż 50 kHz pomiar czasu z przeliczaniem na częstotliwość,
- amplituda mierzonego sygnału na wejściu A 0,8...3 V dla sygnałów do 15 MHz,
- drugie wejście pomiarowe o zakresie 1 Hz...24 MHz opcjonalnie jako licznik z funkcją przechwytywania i zerowania,
- wejście drugie w standardzie TTL-LV (3,3 V),
- relatywny pomiar częstotliwości,
- pomiar czasu w zakresie 47 ns...10 s,
- zasilanie 5 V, max. 150 mA.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-2885	Miernik częstotliwości – fmeter (Edw 11/2008)
AVT-2831	Mikroprocesorowy miernik częstotliwości 4 MHz...150 MHz (Edw 7/2007)
AVT-2764	Częstościomierz & generator na PC (Edw 9/2005)

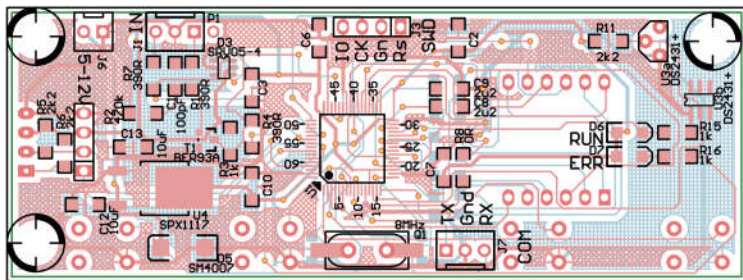
Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlotować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

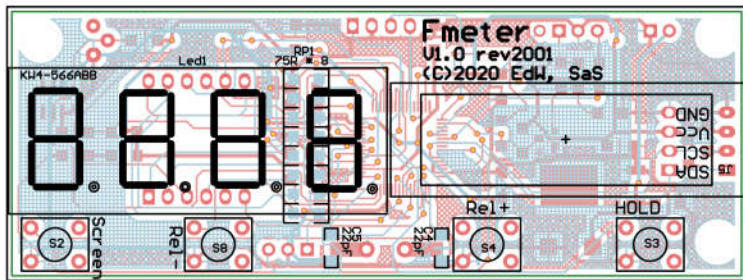
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlotowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja na załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona TOP



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona BOTTOM

timerów? Timer 1 mierzy częstotliwość wejścia A, timer 3 wejścia B. Oba są bramkowane timerem 5. Timer 2 mierzy czasy impulsów i okres sygnału. Wydawać się może, że zadaniu sprostałby większy AVR, np. Mega1281. Niestety nie ma on timerów 32-bitowych, ponadto maksymalna możliwa częstotliwość, jaką można nim zmierzyć, to 8 MHz.

Pętla główna programu nie jest blokowana na dłużej niż 1 ms. Obsługa OLED korzysta z mechanizmu DMA, podobnie jak wysyłanie danych przez UART. Pierwotnie funkcje zapisu EEPROM DS2431, przeniesione z AVR blokowały CPU na 10 ms przy zapisie każdej strony, co dawało łączny czas zapisu struktury konfiguracji wynoszący 80 ms. Nie wpływało to na pracę miernika, ponieważ pomiary realizowane są sprzętowo i na przerwanianach, ale nieładnie wyglądało zatrzymanie odświeżania OLED przy odliczaniu czasu

bramkowania. Z tego powodu funkcje zostały zamienione na nieblokujące.

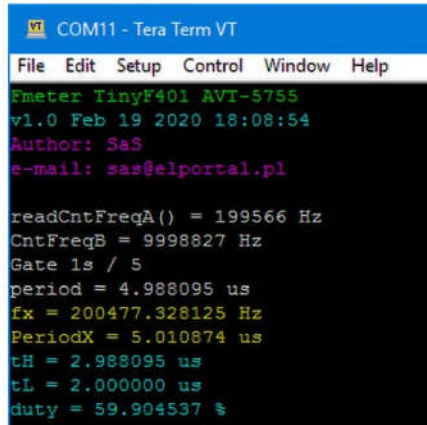
Obsługa multipleksowanego wyświetlacza LED zrealizowana jest na przerwaniu 1 ms. Aby zwiększyć wydajność prądową wyjść sterujących anodami, połączono równolegle po dwa porty GPIO. Aby nie doprowadzać do chwilowych zwarć przy



Rysunek 5. Pomiary oscyloskopowe toru wejściowego dla częstotliwości 1 MHz



Rysunek 6. Pomiary oscyloskopowe dla częstotliwości 5 MHz



Rysunek 4. Treść wysyłana poprzez USART pokazana w terminalu

ustawianiu wyjść, wykorzystano rejestr BSRR, który pozwala ustawiać i kasować bity GPIO w sposób atomowy.

Obsługa urządzenia

Przycisk S2 „Screen” pozwala przełączać treść ekranu. Numer ekranu jest widoczny w prawym górnym rogu wyświetlacza OLED i znika po dwóch sekundach po jego zmianie przyciskiem S2. Pierwszy ekran (fotografia 1), wyświetla zmierzoną częstotliwość. Gdy jest ona mniejsza od 50 kHz, mierzony jest czas, który przed wyświetleniem jest przeliczany na częstotliwość. W takiej sytuacji na wyświetlaczu pojawia się napis „(math)”. Dzięki temu można uzyskać wysoką rozdzielczość pomiaru, który wykonuje się szybko. Przy pomiarze 10 Hz pomiar trwa tylko 100 ms, a rozdzielczość wynosi 10 mHz. Gdy częstotliwość przekracza 50 kHz, na wyświetlaczu pokazuje się liczba impulsów zliczona w ciągu sekundy. W tym przypadku wyświetlany jest napis „(cnt)”. Ponadto pokazana jest informacja o czasie bramkowania oraz ukazany jest wpływ czasu bramkowania

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 1206)

R1, R4, R7: 390 Ω

R2: 470 kΩ

R3, R15, R16: 1 kΩ

R5, R6, R11: 2,2 kΩ

R8: 0 Ω

RP1: 8 * 75 Ω

Kondensatory: (ceramiczne SMD1206)

C1: 100 pF

C8, C9: 2,2 μF

C2, C3, C6, C7, C10: 100 nF

C4, C5: 22 pF

C12, C13: 10 μF

Półprzewodniki:

U1: STM32F401RBT6

U3a: DS2431+ T0-92

U3b: DS2431P+ TSOC-6

U4: SPX1117 SOT-223

T1: BFR93AE6327 SOT-23

D3: SRV05-4 SOT-23-6

D5: SM4007

D6: Dioda LED niebieska SMD1206

D7: Dioda LED czerwona SMD1206

Led1: KW4-566ABB

Pozostałe:

Q1: 8 MHz

J1, J7: NS25-G3

J6: NS25-W2P

J2, J5: Moduł modOLED091 IIC (KAMAMI)

S2, S3, S4, S8: Micro switch 5x7

J3: Listwa goldpin 1x4

(liczby od 0 do 10). Drugi ekran pokazuje zmierzony czas okresu sygnału (**fotografia 2**). Podobnie jak w przypadku częstotliwości, granicą jest 50 kHz. Przy częstotliwości niższej niż 50 kHz mierzony jest okres, ponad 50 kHz częstotliwość, z której wyliczany jest czas.

Kolejne ekrany pokazują zmierzony czas stanu wysokiego i niskiego (**fotografie 3 i 4**). Analogicznie wyglądają ekrany pokazujące współczynnik wypełnienia sygnału w procentach, licznik częstotliwości (nie ma tu granicy 50 kHz, zawsze wyświetlana jest liczba impulsów zliczonych w czasie bramkowania), wyliczoną częstotliwość na podstawie zmierzzonego okresu sygnału, zmierzony czas okresu, wyliczony czas okresu, zliczoną liczbę impulsów na wejściu B.

Przycisk S3 „Hold” zatrzymuje wyświetlanie, co jest sygnalizowane miganiem napisu „HOLD”. Pomiar jest cały czas dokonywany, co widać w oknie terminalu, tylko wartość na wyświetlaczu jest zamrożona. Przycisk S8 „Rel-” zapamiętuje częstotliwość, po czym odejmuje ją od mierzonej. Fakt pomiaru relatywnego jest sygnalizowany wyświetleniem napisu „REL-”. Pozwala to np. na pomiar częstotliwości pośredniej. Przycisk S4 „Rel+” działa podobnie z tym, że zapamiętana częstotliwość jest dodawana do wyniku pomiaru (**fotografia 5**). Trzeba wiedzieć, że funkcja ta działa tylko dla wejścia A i tylko wtedy, gdy wyświetlany jest bezpośredni pomiar z licznika. Gdy częstotliwość jest zbyt niska napis „REL” znika. Pomiar relatywny można włączyć tylko na ekranie zero (pomiar częstotliwości wejścia A), pięć (zliczone impulsy na wejściu A w ciągu sekundy) i dziewięć (wejście B). Ostatni przypadek nie zadziała, gdy wejście B będzie użyte do zliczania impulsów, a nie pomiaru częstotliwości.

Funkcję licznika na wejściu B uruchamia się po równoczesnym naciśnięciu przycisków „REL+” i „REL-” na ekranie pokazującym częstotliwość zmierzoną na wejściu B. Powrót do pomiaru częstotliwości nastąpi



Rysunek 7. Pomiary oscyloskopowe dla częstotliwości 15 MHz

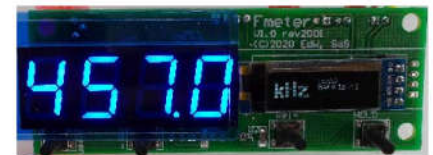
```
COM11 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
Fmeter TinyF401 AVT-S755
v1.0 Feb 19 2020 22:55:55
Author: SaS
e-mail: sas@elportal.pl

readCntFreqA() = 1101871 Hz
Gate 1s / 0
period = 0.000000 us us
fx = 0.000000 Hz Hz
PeriodX = 0.907547 us s
tH = 0.000000 us us
tL = 0.000000 us us
duty = 0.000000 % 00 %
mnozникF = 1, dzielnikF = 1, mnozникT = 1, Pomiar #2340
cnt = 44372 imp, Latch = 37 imp, chgIn = 120
```

Rysunek 8. Przechwycona wartość licznika jest wyświetlana w terminalu

po ponownym naciśnięciu „REL+” i „REL-” na ekranie pokazującym wartość licznika. W czasie gdy miernik pracuje w roli licznika, naciśnięcie „REL+” lub „REL-” zeruje stan licznika, przedtem jednak jego stan jest zapamiętany. Tę samą funkcjonalność uzyska się w czasie opadającego zbocza sygnału na wejściu PC12. Przechwyconą wartość można sprawdzić w programie terminalu za napisem „Latch =” (**rysunek 8**). Warto zauważyć, że praca w trybie licznika powoduje, iż w terminalu nie pojawia się częstotliwość zmierzona na wejściu B. Przekroczenie wartości 9999 licznika powoduje wyświetlenie napisu „OVER”, ale stan licznika można sprawdzić w terminalu.

Ustawienia miernika zapamiętywane są w EEPROM po dziesięciu sekundach od naciśnięciu dowolnego przycisku. Informacja o zapisie pojawia się w oknie terminala. Podczas startu programu w terminalu wyświetlane są informacje o odczycie pamięci EEPROM. Ponadto pojawiają się informacje o liczbie resetów mikrokontrolera i zadziałania watchdoga. W tym czasie na wyświetlaczu pojawi się LOGO albo informacje dotyczące EEPROM lub odzyskaniu jej zawartości z backupu. Jeśli w mierniku nie ma zamontowanej pamięci wszystkie kropki na wyświetlaczu LED są zaświecone a program wyjdzie standardową konfiguracją.



Fotografia 1. Ekran pomiaru częstotliwości



Fotografia 2. Ekran pomiaru czasu okresu sygnału



Fotografia 3. Ekran pomiaru czasu stanu wysokiego



Fotografia 4. Ekran pomiaru czasu stanu niskiego



Fotografia 5. Ekran pomiaru relatywnego

Podsumowanie

W sprawie nowszych wersji softu, błędów znalezionych w programie, propozycji modyfikacji oprogramowania proszę pisać do autora. W materiałach do projektu dostępne są materiały z kolejnych etapów prac nad urządzeniem – napisanie oprogramowania zajęło prawie 150 godzin.

SaS
sas@elportal.pl

REKLAMA



Kameleon
STM32L4 Board

Kompletna platforma do nauki programowania



www.kameleonboard.org STM32