

Nie bój się VFD, czyli praktyka w czystej postaci

Budując kolejny superzegar, termometr cyfrowy lub inny dowolnego rodzaju „wynalazek” z wykorzystaniem mikrokontrolera, często nie zastanawiamy się zbyt głęboko nad zagadnieniem komunikacji urządzenia ze światem zewnętrznym (a szczególnie z twórcą/właścicielem). Zadajmy sobie trochę trudu i przejrzyjmy starsze roczniki EdW pod tym kątem. Co my tu mamy? Zdecydowana większość konstrukcji do prezentacji danych wykorzystuje standardowy moduł LCD, urządzenia warsztatowe „zorientowane na pomiar” - siedmiosegmentowe wyświetlacze LED. I nic w tym dziwnego - LED-y są tanie, sterowanie multipleksowane nie jest skomplikowane, a moduł LCD, przy wsparciu programowym, dostarczany przez taki, dajmy na to BAS-COM, podłączamy do '51 czy AVR dosłownie w kilka(naście) minut.

Z następnym stwierdzeniem można by pewnie polemizować, ale stosując rozwiązania szablonowe, bez zastanowienia się, czy nie istnieje inna (niekoniecznie prostsza do realizacji) alternatywa, zabieramy naszemu dziełu coś, co można by nazwać „klimatem urządzenia”. Specyficzny rodzaj look & feel, który stanowi o niepowtarzalności konstrukcji i powoduje, że urządzenie jest nie tylko funkcjonalne, ale jest po prostu „cool”. No bo w końcu na ile sposobów można ładnie „zapakować” do obudowy display LCD? Jeżeli powyższy wywód wydaje się podejrzany, to w ramach odskoczni od pierwotnego tematu wpiszmy do dowolnej wyszukiwarki internetowej hasło „nixie clock” i nasyćmy wzrok zdjęciami niekiedy naprawdę egzotycznych konstrukcji.

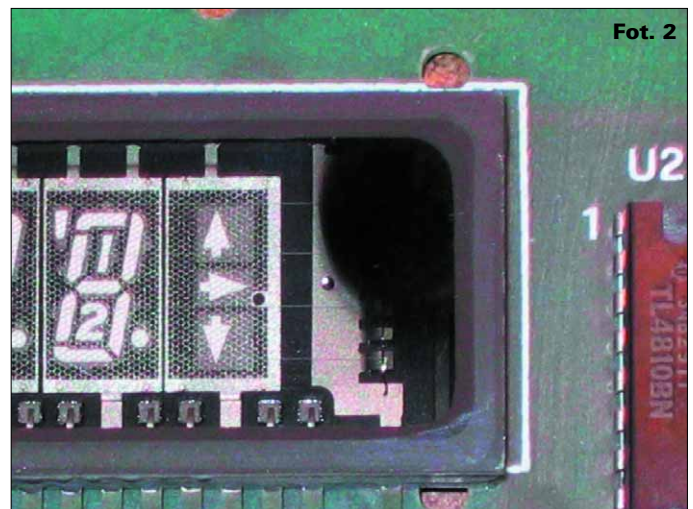
Oczywiście nie neguję sensu używania modułów LCD czy matryc LED - często przecież budujemy konstrukcję o charakterze czysto użytkowym, wg zasady „nie ma wyglądać, ma działać”. Zwracam tylko uwagę, że istnieją alternatywy, a jedną z nich jest właśnie wyświetlacz VFD (vacuum fluorescent display). Pominę milczeniem zintegrowany ze sterownikiem moduł VFD (kompatybilny z LCD), a także próbki lamp, które można czasem zamówić u producenta. Chcę za to zwrócić uwagę na inną rzecz: przecież różnego rodzaju lampy VFD są w miarę łatwo i po bardzo przystępnych, jak na amatora, cenach dostępne, tyle że w postaci gotowych front-paneli od różnej maści magnetowidów, wież i innych urządzeń. Ot, wystarczy spacer na warszawski Wolumen lub popytanie znajomych serwisantów RTV. Czasem trafiają się lampy naprawdę egzotyczne, więc jeżeli planujemy budowę jakiegoś specyficznego wynalazku, można się zastanowić nad wykorzystaniem takiego wyświetlacza. Zaimplementowanie dowolnej (no, prawie) lampy VFD w amatorskiej konstrukcji jest naprawdę proste. Jeżeli znamy typ lampy i uda się nam zdobyć firmową dokumentację, sprawa jest trywialna -

wystarczy dobudować sterowanie wg ogólnie znanych zasad. Kłopoty zaczynają się wtedy, gdy zdobędziemy lampę o zupełnie nieznanych parametrach, a dokumentacji w Internecie nie ma - wtedy stajemy przed wyzwaniem „oswojenia” takiej lampy i o tym będzie dalej.

Sprawa pierwsza: wzrokowa ocena potencjalnej zdobyczy

Lampa VFD, która dostąpiła zaszczytu wystąpienia w tym opisie, prezentuje się okazale na **fotografii 1** - tytułowej (na swojej oryginalnej płytce drukowanej). Aby uniknąć rozczarowań, należy zwrócić uwagę na następujące szczegóły:

a) czy lampa zachowała próżnię - dowodem tego jest czarny (czasem z połyskiem)



śląd gettera na szkle lampy - patrz **fotografia 2**. Jeżeli jest biały, to znaczy, że do lampy weszło powietrze i jest ona do wyrzucenia (dotyczy to wszystkich lamp próżniowych).

b) czy żarniki są rozciągnięte wzdłuż lampy. Jeżeli któryś z nich się oberwał - lampa jest raczej do wyrzucenia. Powyższe uszkodzenie jest niezmiernie rzadkie, ale dla porządku opisuję.

c) czy nie ma widocznych rys, obtłuczeń i innych niepokojących znaków. Pamiętajmy, że obudowa VFD to najczęściej tylko kilka szklanych, sklejonych ze sobą szybek - zarysowane szkło podczas montażu/eksperymentów może po prostu pęknąć, do lampy wejdzie powietrze i to raczej na dobre zakończy zabawę. Przykład „zasadki” pokazuje **fotografia 3**. Widzimy tu piękną, na pierwszy, a nawet na drugi rzut oka sprawną lampę, ale gdy się dokładnie przyjrzymy jej szklanemu spodowi (po obu stronach „wentylka” do odprowadzania powietrza), widać na nim dwie rysy - fotografia 3. Jakiegokolwiek naprężenie bańki takiej lampy będzie dla niej śmiertelne...

d) stan wyprowadzeń (końcówek lutowniczych) - czy nie są na granicy ułamania - szczególnie jeżeli lampa była przechowywana bez poszanowania. Z reguły końce wyprowadzeń są pocynowane, aby ułatwić lutowa-

nie i jeżeli końcówka się nam ułamie, to będzie naprawdę ciężko przylutować przewód do części wychodzącej bezpośrednio z lampy (o ile w ogóle będzie do czego). Jeżeli stwierdzimy, że wyświetlacz wygląda optymistycznie i rokuje nadzieję, delikatnie go demontujemy. Lampę po udanym demontażu pokazuje **fotografia 4** (front) i **fotografia 5** (zaplecze).

Tu porada dnia (w formie komunału): Jeżeli demontujemy lampę z elektroniki jakiegось porządnie zrobionego urządzenia - proponuję nie wyrzucać elementów montażowych (podpórek, uchwytów, etc.) oraz samej płytki. Elementy te można wykorzystać we własnym urządzeniu, mocując lampę tak jak to zrobił producent. **Oryginalna płytka drukowana stanowi doskonały wzorzec do wytrasowania otworów montażowych na własnym laminacie.**

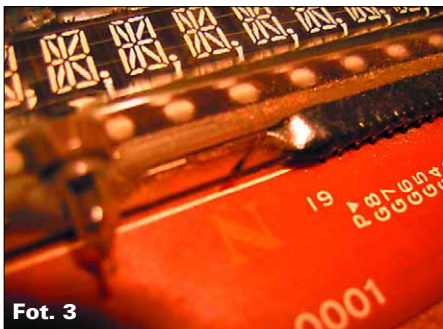
A wracając do fotografii - na spodzie mamy nazwę producenta i typ lampy (w tym wypadku NEC FIP11F10), czyli prawie pełen sukces. Wystarczy poszukać data-sheeta w Internecie lub wręcz poprosić o dokumentację producenta. Kłopot zacznie się wtedy, gdy w sieci dokumentu nie znajdziemy, a producent odmówi współpracy (częste zjawisko w przypadku wyświetlaczy typu custom-design, czyli robionych na konkretne zamówienie). Przy poszukiwaniu z hasłami VFD i NEC jest pewien kłopot, bo VFD dotyczy też *Variable Frequency Drives* (sterowanie silników prądu zmiennego), a NEC jest tylko interesujący nas *Nippon Electric Corporation*,

ale też amerykańska instytucja *National Electrical Code*, dlatego wyszukiwarka zwraca wiele adresów o zupełnie innej tematyce.

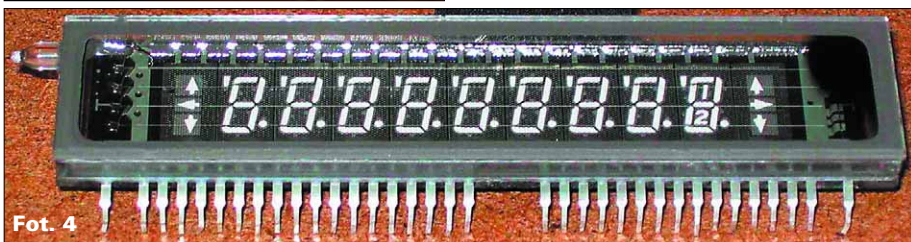
Akurat do NEC FIP11F10 jakieś podstawowe informacje się znalazły (http://www.excess-solutions.com/SpecSheets/fip_sg.pdf). **Rysunki 1 i 2** pokazują informacje dotyczące FIP11F10 z tego dokumentu. Nie zawsze jest tak dobrze, przyjmijmy więc hipotetycznie sytuację kryzysową i dalej radzimy sobie sami. Dlatego zmieniamy temat z „mechaniki precyzyjnej” na podstawy elektrotechniki.

Sprawa druga: żarzenie, czyli rozgrzewamy lampę

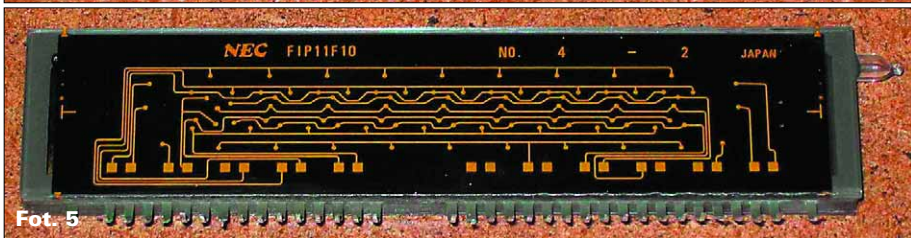
W płaskich wyświetlaczach wyprowadzenia żarzenia są z reguły na przeciwnych końcach lampy - o właściwym wnioskowaniu upewniamy się zwykłym omomierzem - rezystancja zimnego żarnika to kilka...kilkanaście omów. Przy braku firmowej dokumentacji stajemy przed drobnym problemem: jak dobrać parametry żarzenia? I tu pierwszy domowy sposób: zestawiamy obwód jak na **rysunku 3**, do czego jak widać będzie potrzebny zasilacz prądu stałego z regulacją napięcia, amperomierz oraz woltomierz, a cały eksperyment wykonujemy w półmroku. Napięcie U_f (f od filament/żarnik) ustawiamy ma około 2,5V, następnie powolutku je zwiększamy, obserwując zachowanie żarnika. Należy uchwycić moment, kiedy w ciemności druczki zaczną się delikatnie żarzyć, tak na



Fot. 3

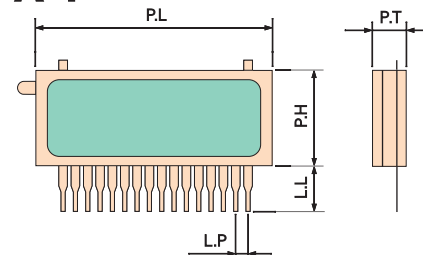


Fot. 4



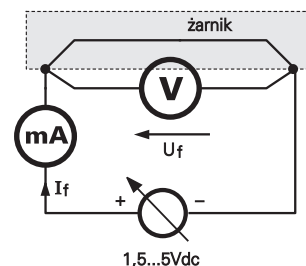
Fot. 5

A-1



Rys. 2

Rys. 3



Rys. 1

Type No.	No. of Digits	Character Format, Symbol	Character Dimensions		Outline Dimensions				Package No.	Recommended Electrical Ratings							L				
			C.H (mm)	C.W (mm)	P.H (mm)	P.L (mm)	P.T (mm)	L.P (mm)		L.L (mm)	Filament	Ef (V rms)	If (mA rms)	Operation	eb = ec (Vp-p) *Eb = Ec (Vdc)	Duty	Ek (Vdc)	ib/dig (mA)	ic/dig (mA)	(cd/m²)	(fL)
FIP11F10	11	8.8.8.8.8.8.8.8.8.8.8	9.6	4.2	24.5±1.0	113.0±1.0	7.5±0.7	2.54	16.0	A-1	AC	4.8	78	dynamic	25	1/15	9.5	4.0	4.0	690	(200)

granicy widoczności. Można przyjąć, że takie zasilanie jest bezpieczne i wystarczające dla lampy. Odczytujemy wartości prądu I_f oraz napięcia U_f , a następnie wyliczamy wartość rezystancji R_f , którą włączymy szeregowo z żarnikiem (zakładając, że będzie on zasilany z napięcia U_{cc}):

$$R_f = (U_{cc} - U_f) / I_f$$

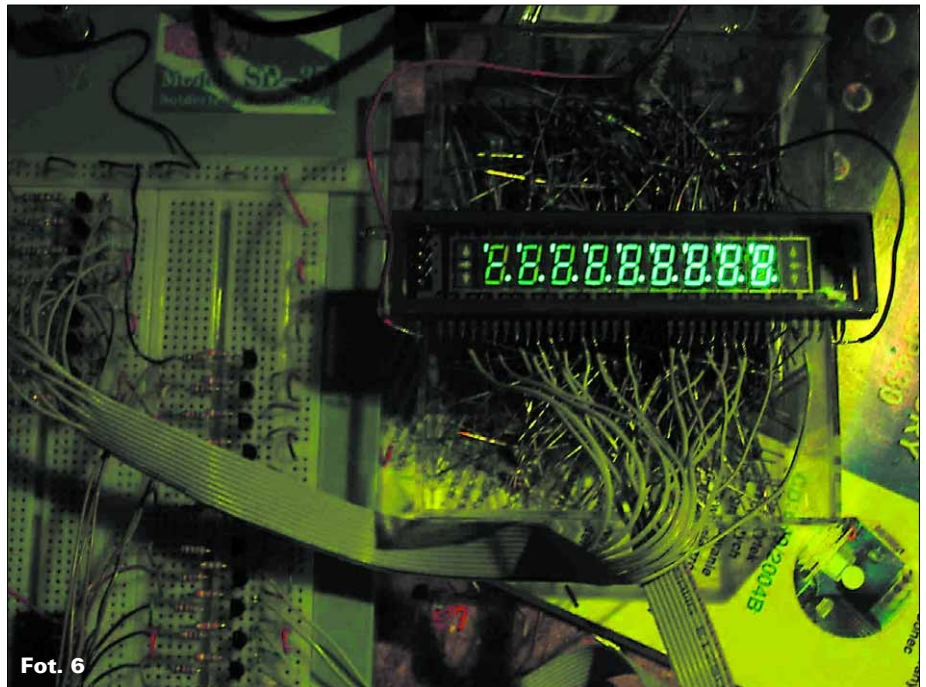
Należy się też zastanowić nad mocą tego rezystora, pomoże w tym wzór

$$P_{Rf} = I_f^2 * R_f$$

Z reguły wystarcza pół-, maksymalnie jednowatowy rezystor. Tu należy się małe wyjaśnienie. Zaprezentowany sposób zasilania żarzenia (żarzenie DC), pomimo że banalny w realizacji, jest raczej rzadko stosowany i tylko w małogabarytowych (krótkich) lampach (po szczegóły odsyłam do Internetu i literatury). Zdjęcie tak żarzonego wyświetlacza z zapalonymi wszystkimi polami odczytowymi pokazuje **fotografia 6**, na której pięknie widać, jak daje się we znaki liniowy spadek napięcia pomiędzy anodami (segmentami) a żarnikiem (katoda) w funkcji jej długości.

I tu dla relaksu zagadka - gdzie podłączono plus zasilania do żarnika - z prawej czy z lewej strony lampy?

Następną sprawą jest identyfikacja anod i siatek. Można wstępnie określić ich funkcje, analizując budowę wewnętrzną lampy. Przebieg połączeń i elektrod jest niekiedy dobrze widoczny przez szkło lampy. Pomocą może być **rysunek 4**, pokazujący szkic budowy



Fot. 6

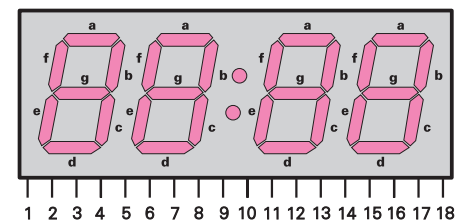
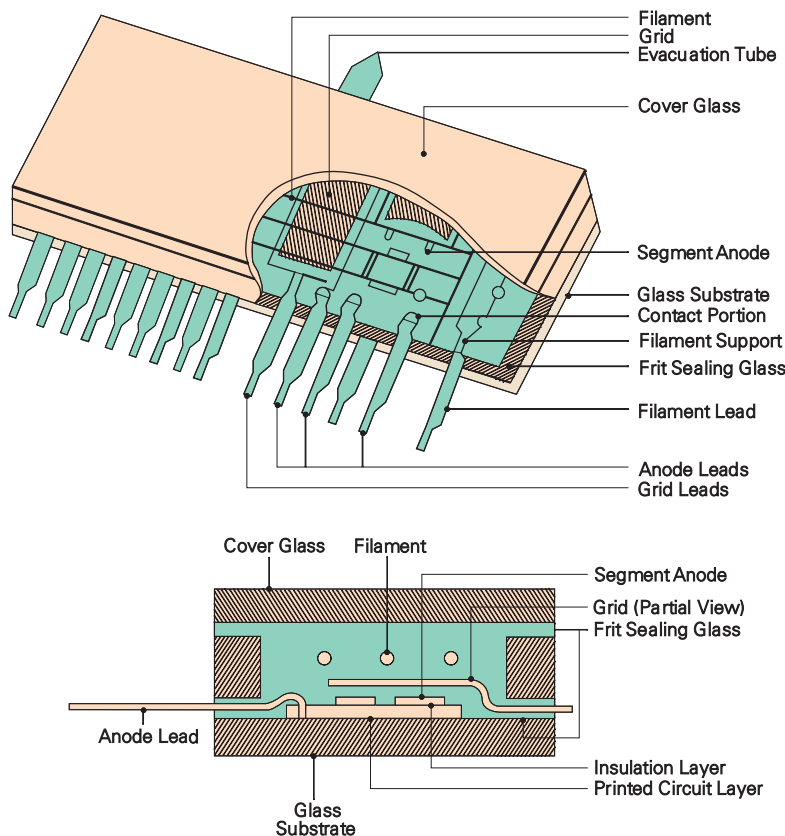
wewnętrznej lamp FIP (NEC). W innych lampach budowa jest inna, niemniej włókna katody są najbliższą częścią lampy, poniżej są siatki, a jeszcze niżej anody pokryte materiałem fluorescencyjnym. Niezawodna metoda określenia połączeń anod i siatek to pomiar za pomocą bardzo prostych środków.

Zakładamy, że dysponujemy nieznaną (w tym przypadku **nieistniejącą** - to tylko teoretyczny przykład) lampą jak na **rysunku 5**.

Jedyne co mamy to ogólny pogląd, które siatki obejmują które segmenty. Wiemy też, że żarzenie to końcówki 1 i 18 - stwierdzamy to omomierzem. Krok 1: rysujemy na kartce w kratkę lub papierze milimetrowym dokładny rysunek lampy (**rysunek 6**). Krok 2: wstępnie nazywamy segmenty (np. a..g dla 7-segmentowego wyświetlacza), ikony i znaki specjalne pozostawiamy na razie bez opisu, segmenty warto nazywać tak, jak to podają katalogi (zgodnie z ruchem wskazówek zegara, „a” na górze) – patrz **rysunek 7**.

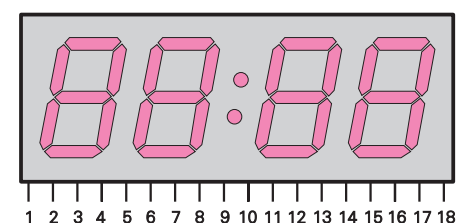
Krok 3: należy przygotować zasilacz 15..20V i wykonać dwie „sondy pomiarowe” w składzie: rezystor ~50kΩ, kabelek z końcówką typu haczyk, najlepiej różnokolorowe.

Rys. 4



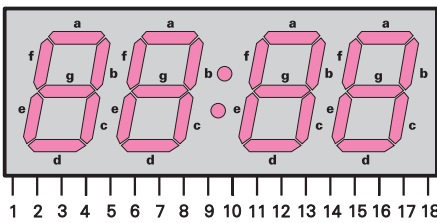
Rys. 5

Rys. 6



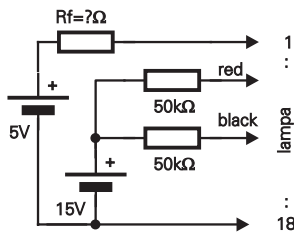
Zestawiamy obwód żarzenia i testowego zasilania anod/siatek jak na **rysunku 8**.

Krok 4: przypinamy czerwony chwytak do pierwszej po żarzeniu lewej końcówki (tu numer 2), czarnym chwytakiem sprawdzamy pozostałe końcówki (tu: 3...17). Jeżeli po dojechaniu do pinu 17 nic się nie zaświeciło, zakładamy wstępnie, że jest to wyprowadzenie typu not-connected, oznaczamy je na rysunku NC (to na koniec trzeba zweryfikować), czerwony chwytak przypinamy na następny pin (teraz 3), czarnym sprawdzamy pozostałe piny (4...17). Jeżeli jakkolwiek segment się zaświecił, oznaczamy to wyprowadzenie i szukamy następnego, którego zasilanie da podobny efekt. Jeżeli takowe znajdziemy, są dwie możliwości: b1) gdy zaświecił się inny segment, ale w obrębie tej samej siatki - zmieniając piny, zmieniliśmy po prostu segmenty.



Rys. 7

Rys. 8



Końcówkę z dopiętym czerwonym chwytakiem oznaczamy jako S (siatka), dwie pozostałe, które zaświeciły – A (anoda), b2) gdy zaświecił się segment, ale pod inną siatką - zmieniając piny, zmieniliśmy siatkę. Końcówkę z czerwonym chwytakiem oznaczamy jako A, dwie pozostałe, które zaświeciły - S. Mając zidentyfikowaną chociaż jedną siatkę (najlepiej taką, która ma powtarzalny w obrębie wyświetlacza układ segmentów), przypinamy na jej wyprowadzeniu chwytak, drugim szukamy wyprowadzeń reszty segmentów, robiąc notatki na rysunku lampy zgodnie z przyjętymi wcześniej oznaczeniami.

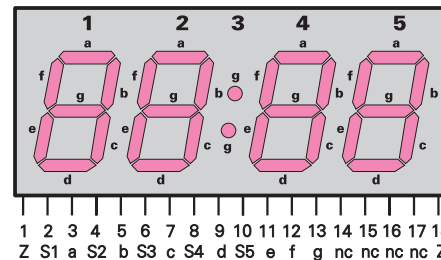
Jeżeli mamy już zidentyfikowane segmenty dla jednej z siatek, określamy, gdzie są wyprowadzenia pozostałych: zapinamy jeden chwytak na końcówce segmentu np. „a” i sprawdzamy pozostałe wyprowadzenia notując, dla jakich końcówek zapali się na poszczególnych siatkach tenże segment. W ten sposób mamy zidentyfikowane pozostałe siatki. Przy okazji stwierdzimy być może, że ikony, kropki, etc. na siatkach „spec-

jalnych” odpowiadają zwykłemu segmentom na siatkach numerycznych. Odpowiednio je oznaczamy (tu przypiszmy dwukropek do segmentu „g”).

Możemy teraz narysować **tabelę 1**.

Reszta wyprowadzeń jest prawdopodobnie NC. To jest równoważne topologii wyprowadzeń widocznych na **rysunku 9**.

Numery końcówek siatek	Numer siatki	Numery końcówek segmentów						
		3	5	7	9	11	12	13
2	S1	a	b	c	d	e	f	g
4	S2	a	b	c	d	e	f	g
6	S3							:
8	S4	a	b	c	d	e	f	g
10	S5	a	b	c	d	e	f	g



Rys. 9

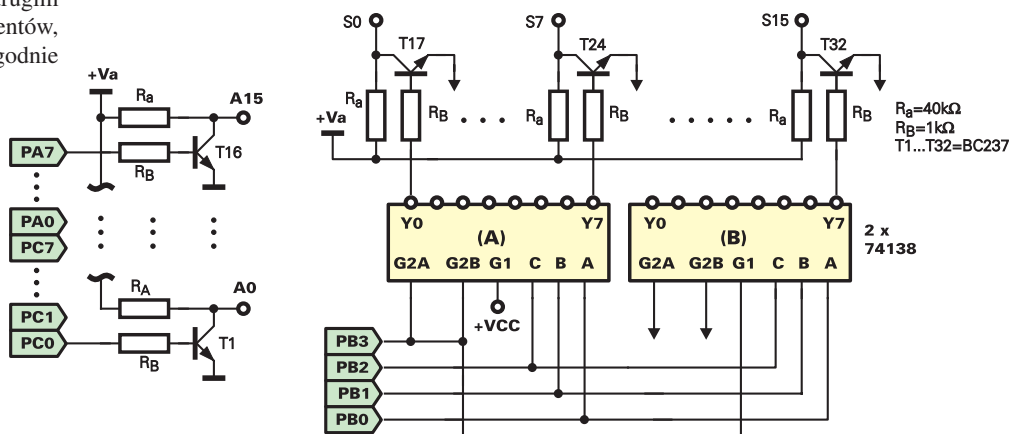
Istnieje też inna, komplementarna metoda, którą z powodzeniem stosuję jeden z moich kolegów. Wszystkie oprócz żarzenia końcówki lampy polaryzuje się przez rezystory kilkadziesiąt kiloomów napięciem kilkunastu woltów, co przy podłączonym żarzeniu spowoduje, że lampa zaświeci wszystkimi segmentami. Następnie zwiera się do masy końcówki lampy. W ten sposób można wręcz błyskawicznie wyłapać niepodłączone piny NC (zwarcie ich do masy nie spowoduje wizualnego efektu) oraz wyprowadzenia siatek - będą gasnąć wszystkie segmenty pod zwartą siatką. Mapę wyprowadzeń i rysunki i tak trzeba zrobić, więc który sposób wybrać? Najlepiej przetestować oba. Co do wartości napięć na anodach i siatkach - nowoczesne wyświetlacze zaczynają pracować już od kilkunastu woltów, nawet przy +5V czasem widać delikatne „tlenie” się segmentów.

Maksymalne sensowne napięcie można ustalić eksperymentalnie - polaryzujemy jedną z siatek i wszystkie jej segmenty, następnie zwiększamy napięcie anodowe (oczywiście przy załączonym żarzeniu). Moment, kiedy pomimo zwiększania napięcia anodowego jasność świecenia segmentów nie zwiększa się, to właśnie napięcie, które można uznać za bezpieczne i wystarczające, wyższe nie ma po prostu sensu, a ryzykujemy wypalenie luminoforu.

Sprawa trzecia: sprzęt do sterowania lampy, czyli bez procesora ani rusz

Abyysterować wyświetlacz, odpowiedzmy sobie na pytanie - kiedy dany segment pola odczytowego lampy świeci? Świeci wtedy, gdy rozpięta nad nim siatka ma dodatni potencjał i do segmentu doprowadzone jest dodatnie napięcie anodowe. Mając w pamięci algebrę Boole'a (a dokładnie równanie $A * B = 1 / (A + B)$), spróbujmy postawić sprawę inaczej: kiedy dany segment NIE będzie świecił? Ano wtedy, gdy wyprowadzenie segmentu zwierzemy do masy **lub** do masy zwierzemy siatkę sterującą. I ta właśnie, słuszna, choć dziwna koncepcja będzie nam przyświecać przy budowie prostego sterowania z wykorzystaniem mikroprocesora (wystąpi AT90S8515), a jako „drivery” wykorzystamy zwykle tranzystory bipolarnie npn, zdolne wytrzymać maksymalne napięcie U_{ce} powyżej 30V (w tym konkretnym przypadku są to BC237). **Rysunek 10** przedstawia kluczowe fragmenty schematu układu sterowania, który będzie podstawą do dalszych eksperymentów (niezaznaczony jest tylko procesor 90S8515, podłączony w oczywisty sposób). Krótki opis zasady działania podaję dla porządku. Układy U1, U2 (dekodery/demultipleksery 3 na 8 linii typu 74138) realizują razem funkcję dekodera 4 na 16 do wybierania siatek wyświetlacza (pół odczytowych). Tabelę prawdy takiego układu można sobie wyobrazić, więc nie zajmuję nią miejsca. Generalnie,

Rys. 10



ustawienie dowolnej kombinacji stanów logicznych na bitach PB0...PB3 spowoduje wybranie jednego z szesnastu wyjść dekodera. Ponieważ 74138 ma zanegowane wyjścia, podłączony do takiego wyjścia tranzystor ulegnie otwarciu. Reszta nieaktywnych wyjść (w stanie wysokim) spowoduje zamknięcie pozostałych tranzystorów, co skutecznie spowodzi odpowiednie siatki do potencjału masy. Zasada sterowania segmentami jest analogiczna do siatek, z tym że tranzystory sterowane są bezpośrednio z portów PA i PC procesora zgodnie z zasadą - stan logiczny H powoduje wystereowanie tranzystora i „uziemienie” segmentu (co znacznie utrudni mu świecenie). Stan L na odpowiednim bicie portu powoduje, że segment jest na potencjałe napięcia anodowego (tranzystor otwarty), czyli o ile siatka jest aktywna, będzie świecił. Wracając do wcześniejszego przykładu z hipotetycznym wyświetlaczem, tabela 1 okaże się przydatna, bo umożliwi prawie natychmiastowe zdefiniowanie znaków do wyświetlenia: zakładamy, że segmenty a...g odpowiadają wprost bitom portu procesora 0...6, stąd definicja jednego segmentu:

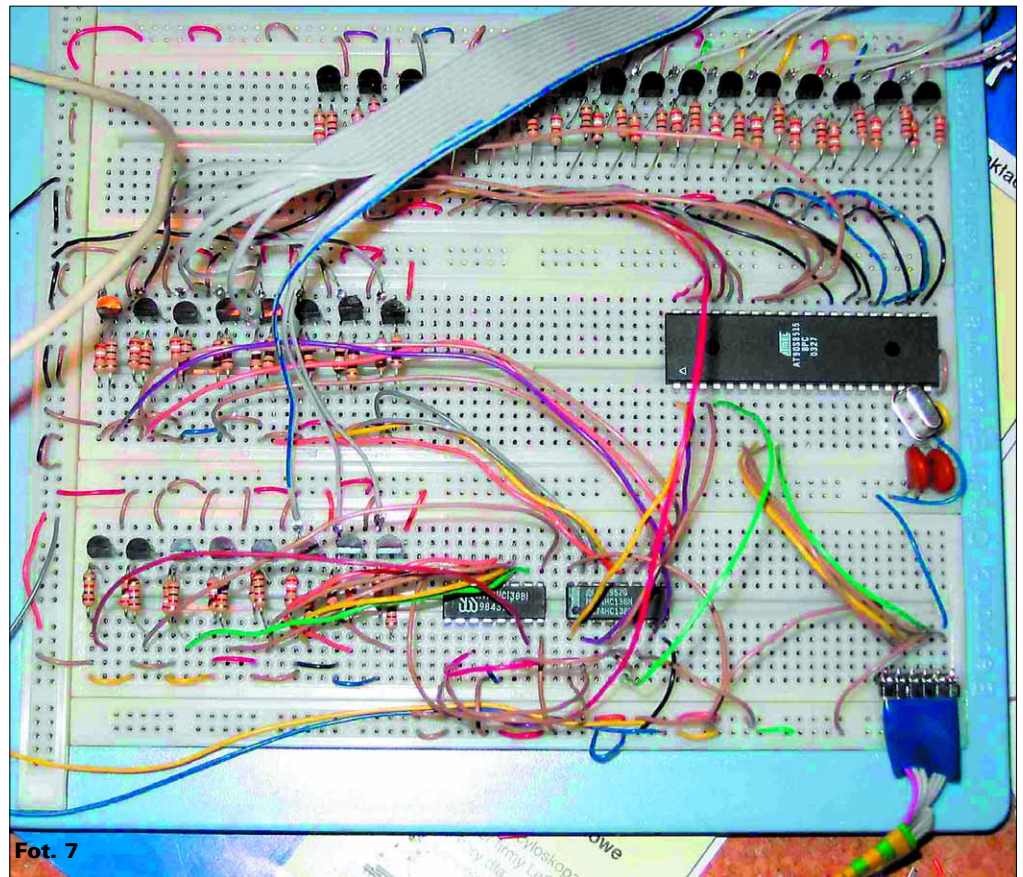
```
#define SEGMENT_A 0x01 //
00000001b
#define SEGMENT_B 0x02 //
00000010b
#define SEGMENT_C 0x04 //
00000100b
//...
#define SEGMENT_G 0x40 //
01000000b
znaki składamy dodając maski bitowe, np.
#define CHAR_0 (SEGMENT_A |
SEGMENT_B | SEGMENT_C |
SEGMENT_D | SEGMENT_E |
SEGMENT_F) // 0 -> abcdef
//...
```

Układ zrealizowany w praktyce z wyświetlaczem FIP11F10 przedstawia **fotografia 7**. Pomocą w ewentualnym podłączeniu dodatkowych segmentów wyświetlacza będzie **rysunek 11**. Tu małe wyjaśnienie. Uprzedzając krytykę typu: w dobie specjalizowanych driverów dla VFD (ot, taki np. AD6311 /AnaChip/), budować układ na tranzystorach, jak w średniowieczu? Robimy tak, bo układ z tranzystorami jest bardzo tani oraz prosty w uruchomieniu

niu i oprogramowaniu. To predestynuje go do różnego rodzaju testów i eksperymentów, a tym się właśnie tu zajmujemy. Jeżeli niepokój budzi fakt, że aby „deaktywować” wszystkie siatki i segmenty, wszystkie trzydzieści dwa tranzystory są wystereowane, proponuję prostą wylizankę zakładającą szesnastosegmentowe pole odczytowe i szesnaście siatek sterujących: dla $R_a = 40k\Omega$ i $R_g = 40k\Omega$ i $U_a = 20V$: całkowity prąd pobierany z zasilacza lampy: $I_a = U_a / (R_a/16) + U_a / (R_g/16)$, co po pod-



Fot. 8



Fot. 7

stawieniu daje około 16mA, czyli pełny relaks. Układ testowy z rysunku 10 ma zasoby umożliwiające podłączenie wyświetlacza o organizacji szesnaście siatek, w każdej szesnaście segmentów. I to już byłby superdisplay, ale my podłączmy w końcu nasz „zdobyczny”, nieco mniejszy i zobaczymy, jakie jeszcze nas mogą spotkać atrakcje.

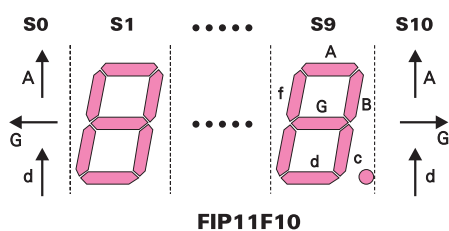
Plik makefile jest praktycznie identyczny z przykładowym plikiem dostarczanym z pakietem WinAVR; zmieniono tylko nazwę pliku źródłowego na `fip11f10_test.c` i dodano polecenie programowania mikrokontrolera. Aby dokonać kompilacji programu, należy z linii poleceń wykonać: `make all<enter>`, aby skasować pliki wynikowe: `make clean<enter>` i w końcu aby zaprogramować procesor: `make burn<enter>`. Umieszczona w pliku makefile ścieżka do aplikacji programującej kontroler zakłada standardową instalację oprogramowania AvrDude na dysku c:\.

Efekt działania tego programiku pokazany jest na **fotografii 8**.

VFD & Internet

Proste zapytanie do Google pokaże nam, że wyświetlacze VFD zacinają popularnością dorównywać LCD, a w pewnych zastosowaniach są nawet na topie. Stron z różnego rodzaju opisami jest ogromna ilość, ja pozwolę sobie wskazać jeden sympatyczny link: <http://www.noritake-elec.com>, a szczególnie: <http://www.noritake-elec.com/vfdtech.htm> - dość przystępnie opisana budowa lampy, jej zasilanie i zasada sterowania. http://www.noritake-elec.com/custom_displays.htm - pokazuje, jak różne mogą być zapotrzebowania użytkowników, a http://www.noritake-elec.com/applications/vfd_art.htm - że fantazja ludzka nie zna granic.

Natasza Biecek
bienata@wp.pl



Rys. 11