

Narzędzia dla pracowni i serwisu

Profesjonalna działalność związana z elektroniką wymaga, oprócz wyposażenia w sprzęt i narzędzia, również odpowiedniej infrastruktury, a więc pomieszczeń produkcyjnych z potrzebnymi do prowadzenia działalności instalacjami, powierzchniami magazynowymi, biurowymi itp. Do zgromadzenia wszystkich środków konieczny jest bardzo solidny biznesplan, dysponowanie funduszami i oczywiście czas. Nie będziemy analizować wszystkich zagadnień, ale skupimy na tych bezpośrednio związanych z elektroniką.

W artykule dokonamy próby skompletowania minimalnego wyposażenia pracowni, w której prowadzone są czynności związane z produkcją lub serwisowaniem sprzętu elektronicznego. Nie ograniczymy się jednak wyłącznie do działalności profesjonalnej. Duża część podanych informacji będzie dotyczyła również elektroników-amatorów, którzy często na tyle intensywnie oddają się swojemu hobby, że muszą zadbać o kompleksowe wyposażenie swoich stanowisk. Temat jest bardzo szeroki i na tyle zależny od indywidualnych uwarunkowań, że nie da się zaprezentować jednolitej, uniwersalnej porady dla wszystkich.

Czasami własne przyzwyczajenia i nawyki są tak silne, że trudno się ich pozbyć, a co najmniej je zmienić. Z pewnością wielu Czytelników złapało się kiedyś na tym, że nie potrafiło wykonać nawet względnie prostej czynności z użyciem udanego narzędzia. Ot, choćby ręczne lutowanie elementów SMD, którego nie można wykonać bez pęsety. Ale pęseta może być różnej wielkości, może mieć prostą lub zakrzywioną końcówkę, która w dodatku może być spłaszczona lub wyostrzona. Każda pęseta będzie miała swoją sprężystość. Jednym będzie ona odpowiadała, innym nie. Jak widać, z pozoru proste narzędzie, a problemów co niemiara. Rozpoczynamy więc próbę zorganizowania i wyposażenia stanowiska pracy elektronika – konstruktora, praktyka.

Stanowisko pracy

Pomijamy pomieszczenie, ponieważ jest to zagadnienie wykraczające poza tematykę artykułu. Warto natomiast napisać kilka słów o umeblowaniu. Skoncentrujemy się przy tym na wyposażeniu profesjonalisty, amator będzie musiał zwykle zadowolić się tym, na co może sobie pozwolić w warunkach domowych.

Przygotowując stanowiska pracy w pracowni elektronicznej, należy wziąć pod uwagę różnorodność wykonywanych tu czynności. Większość zadań projektanta ogranicza się do pracy koncepcyjnej, do której wystarczy biurko lub prosty stół, na którym można postawić komputer i dobry monitor. Warto rozważyć miejsce dla dwóch monitorów, gdyż profesjonalne programy często umożliwiają taką pracę, co zdecydowanie zwiększa jej komfort. Konstruktor



nie zawsze jednak jest pewny rozwiązań układowych, które zamierza zastosować w swoich projektach, musi więc mieć możliwość eksperymentowania. Jeśli nie będzie to wymagało rozbudowanego oprzyrządowania, powierzchnia biurka lub stołu, na którym pracuje codziennie (rysunek 1a, b), może okazać się wystarczająca. Jeśli jednak do prób będzie wymagane bardziej złożone oprzyrządowanie, konieczne będzie zagwarantowanie odpowiedniej ilości miejsca. Dobrym rozwiązaniem do takich celów są stoły z wbudowanymi, np. w podporach, gniazdami sieci 230 V, a nawet 3-fazowej (rysunek 1c, d), często również z zainstalowanymi autotransformatorem i umieszczanymi w zamykanych na klucz komorach.



Fotografia 1. Różne typy biurka i stanowisk do pracy z elektroniką

Jeszcze lepszym, wygodniejszym rozwiązaniem jest umiejscowienie gniazd na blacie stołu (rysunek 1c). Przy okazji można zadbać o instalację wbudowanych zasilaczy najlepiej o regulowanych napięciach, a przynajmniej o kilku napięciach standardowych. Łatwy staje się przy tym dostęp do gniazda uziemienia, co przy pracy z elementami wrażliwymi na pole elektrostatyczne jest niezwykle ważne. Stosowanymi środkami zabezpieczającymi przed ich uszkodzeniem są bransolety uziemiające oraz maty i dywaniki antystatyczne (**fotografia 2**). Wszystkie te elementy powinny być uziemiane, dzięki czemu minimalizowane jest prawdopodobieństwo doprowadzenia niszczącego ładunku elektrostatycznego do elementów elektronicznych.

Stoły dla pracowników wykonujących precyzyjne czynności montażowe powinny dodatkowo zapewniać wymagane normami oświetlenie. Występują w nich cztery kategorie prac: prace montażowe zgrubne (natężenie oświetlenia 200 lx), prace montażowe średnie (300 lx), prace montażowe dokładne (500 lx) i prace montażowe precyzyjne (750 lx). Stanowisko do ręcznego montażu SMD, a także czynności wykonują zarówno pracownicy produkcji, jak i serwisanci, należy zakwalifikować do montażu precyzyjnego. A jeśli już mówimy o precyzji, to z pewnością mamy na myśli elementy o bardzo małych rozmiarach. Współczesne elementy przeznaczone do montażu powierzchniowego, nawet te najprostsze, jak oporniki, kondensatory, tranzystory, są na tyle małe, że nawet osoby o bardzo dobrym wzroku muszą wspomagać się w pracy jakimiś przyrządami optycznymi. Można zatem uznać, że obowiązkowym elementem wyposażenia ich stanowiska pracy będzie lupa, najlepiej osadzona w obudowie zapewniającej jednocześnie podświetlenie. Najczęściej będą to lupy o zdolności zbierającej 5 dioptrii, z podświetleniem ledowym o mocy 60...80 W. Taka lupa ma w górnej części odchylaną pokrywę (**fotografia 3**), która po zamknięciu zamienia ją w lampę biurkową. Można wówczas użyć jej do lokalnego podświetlenia stanowiska pracy. Lupa jest przykręcana do blatu stołu, a łamane, obrotowe ramię umożliwia umieszczenie lupy niemal nad dowolnym punktem na stole, oczywiście znajdującym się w zasięgu.

Stanowiska produkcyjne i serwisowe, na których wykonywane są pomiary, wymagają ustawienia wielu przyrządów i aparatury pomocniczej. Ich konfiguracja może przy tym ulegać częstym modyfikacjom w zależności od etapu prac. Większość oferowanych stołów warsztatowych (np. rysunek 1 e...f) ma budowę modułową, co pozwala bardzo elastycznie konfigurować stanowisko pracy. W ten sposób dobieramy niezbędną liczbę kontenerów, w których są umieszczane szuflady o indywidualnie wybieranych wymiarach. Perforowana ścianka służy do niemal dowolnego mocowania na niej dodatkowych elementów wyposażenia. Oprócz półek elektronicy z pewnością będą umieszczać na niej uchwyty do licznych kabli zasilających i pomiarowych.

Stanowisko montażowe/serwisowe

Mamy już gdzie i na czym pracować, teraz musimy wybrać czym. Zastanówmy się, jakie czynności wykonuje elektronik na swoim stanowisku pracy? Pomijamy ewentualną pracę twórczą. Do tego wystarczy jakiś komputer z odpowiednim oprogramowaniem, ale ten – można zaryzykować takie stwierdzenie – znajduje się już na każdym stanowisku, od technika do prezesa firmy.

Często nawet nie zdajemy sobie sprawy z tego, ile drobnych akcesoriów elektroniki używa w codziennej pracy. Z pewnością nie



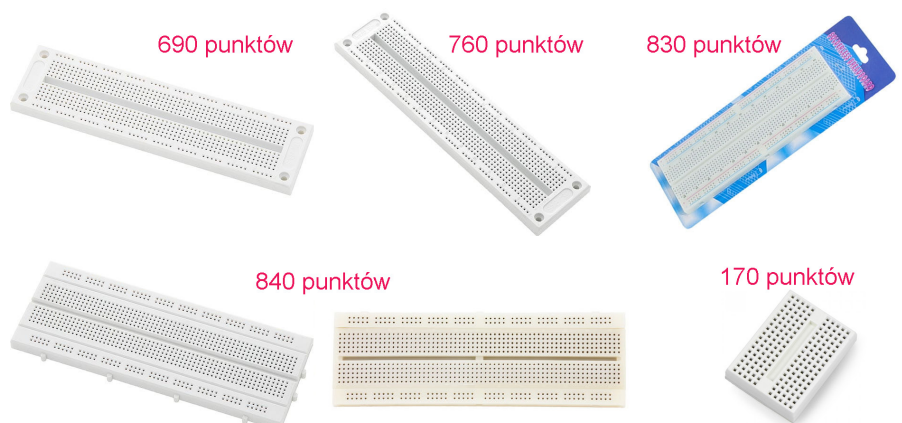
Fotografia 2. Akcesoria do ochrony ESD



Fotografia 3. Lupa z podświetleniem

wymienimy tu ich wszystkich. Postaramy się usystematyzować je według kolejności używania na stanowisku podczas całego cyklu wykonania kompletnego urządzenia elektronicznego.

Zaczynamy od etapu projektu. Była już mowa o tym, że konstruktor nie zawsze jest pewny działania jakiegoś fragmentu projektowanego układu elektronicznego. Oprócz czysto programowych metod weryfikacji z zastosowaniem na przykład popularnego, a przy tym darmowego symulatora LTspice niezbędnym narzędziem będzie płytka stykowa (*breadboard*) – **fotografia 4**. Płytki te umożliwiają szybki montaż testowanych układów elektronicznych bez użycia lutownicy. Połączenia mogą być wykonywane za pomocą fabrycznych zestawów drucików o różnej długości, ale można też robić je własnymi drucikami. Istnieje wiele wariantów płytek o różnej liczbie punktów połączeniowych, z szynami zasilającymi lub bez. Płytki mogą być łączone w większe zestawy, do czego służą zaczepy i pasujące do nich wpusty rozmieszczone na bocznych ściankach.



Fotografia 4. Płytki stykowe do szybkiego łączenia elementów elektronicznych

Inna metoda montażu układów prototypowych wymaga połączeń lutowanych, do czego są stosowane płytki prototypowe. Zaletą ich jest jednak to, że w odróżnieniu od układów „na pająku” mogą być traktowane jako w pełni sprawne moduły, które można montować w urządzeniach. Unika się w ten sposób dość złożonego, kosztownego i wymagającego czasu procesu opracowania i wykonania obwodów drukowanych. Oferta płytek prototypowych jest bardzo szeroka. Występują one z różnorodnymi układami punktów i ścieżek połączeniowych. Są przeznaczone do montażu elementów przewlekanych oraz SMD. Przykłady pokazano na **fotografii 5**. Do połączeń najlepiej nadaje się przewód drutowy w izolacji teflonowej o średnicy 0,24 mm, tzw. kynar. Występuje on w różnych kolorach, co może ułatwić montaż bardziej złożonych układów. Niestety, przewód ten nie jest tani, ale w zasadzie nie ma on żadnej konkurencji.

Połączenia na płytkach uniwersalnych są lutowane. W skład zestawu zapewniającego względnie dobry komfort pracy wchodzi:

1. Lutownica

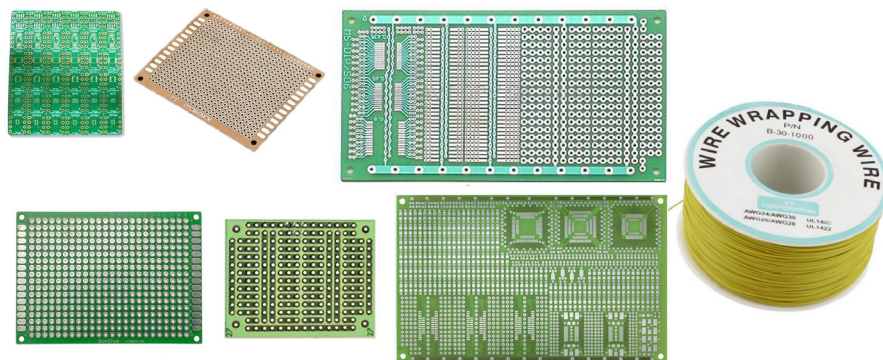
W zasadzie mówimy o stacji lutowniczej (**fotografia 6**), czyli zestawie składającym się z precyzyjnego sterownika, lutownicy i podstawki. Sterowniki są to obecnie najczęściej urządzenia zapewniające cyfrową regulację i stabilizację temperatury grotu lutownicy, mogące pracować z kilkoma (zwykle 3) zaprogramowanymi temperaturami, wykrywające beczynność lutownicy powodującą przejście do trybu spoczynkowego z obniżoną mocą i temperaturą grotu. Takie działanie powoduje zauważalne wydłużenie jego żywotności. Programy są często zabezpieczone hasłem uniemożliwiającym nieautoryzowaną zmianę parametrów lutowania.

Podstawka, oprócz samego uchwyty dla lutownicy, stanowi całość wraz z pojemnikiem dla czyścika grotu. Są do tego celu stosowane specjalne gąbki odporne na temperaturę lub wiórki mosiężne. Producenci grotów zalecają stosowanie czyścików wiórkowych, nie gąbek, gdyż grot lutownicy w kontakcie ze zwilżoną gąbką doznaje szoku termicznego skracającego jego żywotność. Warto pamiętać, aby lutownica pozostawiana na dłuższy czas beczynności miała grot zwilżony cyną.

W pomieszczeniach przystosowanych do profesjonalnych prac związanych z lutowaniem najczęściej znajduje się instalacja wyciągowa, zapewniająca usuwanie szkodliwych wycieków powstających podczas lutowania. Amatorzy takiej instalacji raczej nie posiadają, zwykle nie ma jej też w pomieszczeniach serwisowych. Samo otwieranie okien nie jest wystarczające i nie zawsze możliwe, warto więc zainwestować w pochłaniacz oparów z wymiennym filtrem węglowym (**fotografia 6b**).

2. Stacja lutowniczo-rozlutownicza hot air

Ceny tych urządzeń są już na tyle niskie, że coraz częściej na zakup decydują się nawet amatorzy, natomiast jako wyposażenie pracowni



Fotografia 5. Płytki prototypowe (uniwersalne) dostępne są w wielu odmianach



Fotografia 6. Lutownice różnych producentów



Fotografia 7. Stacja lutowniczo-rozlutownicza

profesjonalnych oraz serwisów stacja taka powinna być elementem obowiązkowym. Wszechobecna już technologia SMD i związana z nią miniaturyzacja elementów powodują, że trudno wyobrazić sobie lutowanie zwykłą lutownicą. Jest to niemożliwe nie tylko z powodu

niezwykle małych wymiarów elementów, ale też dlatego, że w dużej części elementów SMD wyprowadzenia nie wychodzą poza obrys obudowy. Nie ma więc możliwości przyłożenia grota do punktu lutowniczego, a jedyną metodą przyłutowania lub wylutowania elementu jest rozgrzanie padów gorącym powietrzem. Stacje hot air są sprzedawane z zestawem dysz o różnych średnicach, mają regulację temperatury powietrza, ustawiany jest także jego przepływ. Opcjonalnie można zamówić dysze o kształcie dopasowanym do standardowych obudów układów scalonych.

W pracowni, w której prowadzi się intensywne prace z elementami SMD, lepszym rozwiązaniem od ręcznej stacji hot air jest stacja pół-automatyczna zawierająca podstawę z podgrzewaczem i statyw dla nagrzewnicy (fotografia 7). Stacje takie umożliwiają lutowanie według zaprogramowanych profili temperaturowych, co jest szczególnie ważne dla technologii bezołowiowych.

W pracach serwisowych prowadzonych u klienta niemożliwe jest zwykle instalowanie dużej stacji lutowniczej, jedynym rozwiązaniem pozostaje w takich przypadkach przenośna lutownica gazowa (fotografia 8). W zestawie znajduje się kilka rodzajów grotów, a nawet nożyk termiczny i dyszka otwartego płomienia, pojemnik na gąbkę czyszczącą i zapalarka do gazu. Lutownica jest napełniana propanem-butanem takim, jakiego używa się do zapalniczek.

3. Spoiwo lutownicze

Spoiwo lutownicze, drut lutowniczy lub potocznie mówiąc cyna, to najważniejszy element procesu lutowania. To właśnie spoiwo pod wpływem temperatury przechodzi z fazy stałej do ciekłej, rozplywa się na łączonych elementach i po schłodzeniu ponownie przechodzi do fazy stałej, tworząc trwałe połączenie. W skład spoiwa wchodzi nie tylko cyna, ale też ołów. Od proporcji tych składników zależy temperatura topnienia. Typowo jest to 60% cyny, 40% ołowiu. Obowiązujące obecnie normy wprowadzone w kontekście ochrony środowiska nakazują jednak stosowanie spoiw bezołowiowych, w których ołów zastąpiono srebrem, miedzią lub bizmutem. Mają one jednak wyższą temperaturę topnienia i łatwiej ulegają utlenianiu. Spoiwa tradycyjne są dopuszczane w pracach prototypowych, urządzeniach medycznych i wojskowych. Oba rodzaje spoiw są dostępne w handlu. Można je nabyć w postaci drutu nawiniętego na szpulę (fotografia 9a, b) lub zwiniętego w fiolce (fotografia 9c). Spoiwo w fiolce jest wygodne w terenowych pracach serwisowych, zajmuje mniej miejsca i jest lżejsze. W zależności od precyzji lutowania mogą być konieczne druty o różnych grubościach od 0,25 mm nawet do 4 mm.

4. Topnik

Jest to substancja stosowana podczas lutowania. Użycie topnika ma na celu zwilżenie i oczyszczenie spajanych powierzchni. Topnik zapobiega ponadto utlenianiu lutowanych powierzchni. W handlu występuje pod różnymi postaciami. Najczęściej jest stosowany w postaci kalafonii sprzedawanej w blaszanych pudełkach zawierających 20 g produktu (fotografia 10a). Do montażu SMD lepiej nadaje się topnik w postaci żelu konfekcjonowanego w pojemnikach stanowiących jednocześnie dozownik (fotografia 10b). Może być również наносzony za pomocą wygodnego pisaka (fotografia 10c). Inną metodą przygotowania płytki do lutowania jest rozprowadzenie na płytce topnika płynnego lub występującego w postaci pasty (fotografia 10d, e).

5. Odsysacz cyny i taśma rozlutownicza

Podczas prac montażowych i serwisowych często zachodzi konieczność wylutowania jakiegoś elementu z płytki. Do tego celu są stosowane odsysacze cyny i taśmy rozlutownicze (fotografia 11). Odsysacz ma teflonową końcówkę niewrażliwą na temperaturę. Przykłada się ją do punktu lutowniczego, z którego ma być usunięta cyna, a następnie zwalnia naciągnięty sprężyną tłok wysysający cynę na zasadzie podciśnienia. Odsysacz z dobrym tłokiem, po obfitym zwilżeniu punktu lutowniczego topnikiem może wyssać cynę z otworów nawet



Fotografia 8. Przenośna lutownica gazowa



Fotografia 9. Popularne spoiwa do lutowania



Fotografia 10. Topniki niezbędne do prawidłowego lutowania



Fotografia 11. Odsysacze cyny i plecionka do rozlutowywania

SPRZĘT WARSZTATOWY

w wielowarstwowej płytce. Ma to duże znaczenie, gdyż uszkodzenie metalizacji otworów zapewniających wewnętrzne połączenia warstw obwodu drukowanego może spowodować trudne do wykrycia dalsze uszkodzenia płytki podczas prowadzenia prac serwisowych. Jeśli nie ma potrzeby usuwania cyny z otworów, dobrze sprawdza się taśma rozlutowicza, którą przykładą się do punktu lutowniczego dobrze zwilżonego topnikiem, a następnie podgrzewa. Cyna osadza się wówczas na taśmie, tym samym jest usuwana z punktu lutowniczego. Tak wyczyszczony punkt lutowniczy jest gotowy do ponownego przylutowania wymienianego elementu.

6. Płyn do czyszczenia PCB

Po zakończonym lutowaniu na płytce pozostają resztki topnika i innych zanieczyszczeń. Płytkę wygląda bardzo nieestetycznie i wymaga dokładnego czyszczenia. Jest więc poddawana kąpeli czyszczącej w płynie na bazie alkoholu (**fotografia 12**), na przykład „Cleanser druk”. Samo zanurzenie stanowi jednak proces o stosunkowo małej efektywności. Dla jej zwiększenia można użyć specjalnych twardych pędzelków, którymi przecierana jest powierzchnia płytki, wymaga to jednak zaangażowania pracownika. Niemal bezobsługowo czyszczenie można przeprowadzić w myjce ultradźwiękowej. Dla tego rodzaju procesów przeznaczone są inne rodzaje płynów, np. „Termosonik PCB”.

7. Ściągacz izolacji

Gdy montuje się jakiś układ na płytce prototypowej z użyciem kyanaru, jedną z najczęściej wykonywanych czynności jest ściąganie izolacji. Z uwagi na fakt, że jest to pojedynczy drut, w dodatku bardzo cienki, możliwość przecięcia go albo znacznego nacięcia podczas zdejmowania izolacji, jest dość częsta. Ta z pozoru łatwa czynność wymaga pewnej wprawy i delikatności. Izolację można ściągać, używając szczyptec bocznych lub prostych, nożyka, skalpela lub innych narzędzi z ostrą krawędzią, jednak najbardziej odpowiednie będzie użycie specjalnego ściągacza izolacji. Na **fotografii 13** pokazano kilka jego wersji. Prawdopodobnie jest to narzędzie z grupy tych, które dobrze leżą w rękę albo zupełnie nie da się nimi pracować. Wszystko zależy od indywidualnych upodobań i czasami trzeba wypróbować kilka typów, zanim wybierze się ten odpowiedni. Jak widać na fotografii 13, spotykane są ściągacze izolacji z kilkoma okienkami dostosowanymi do typowych grubości przewodów albo ze śrubką, którą dopasowuje się narzędzie do dowolnego przewodu.

8. Pęseta

Narzędzie, bez którego lutowanie elementów jest praktycznie niemożliwe. O ile jako tako można sobie bez niej poradzić przy lutowaniu elementów przewlekanych, o tyle ręczny montaż elementów SMD jest bez pęsety niewykonalny. Pęseta powinna dobrze leżeć w rękę, mieć optymalną sprężystość i wielkość. Pęsety metalowe mają dość istotną wadę – magnesują się dość znacznie. Praca z takim narzędziem staje się bardzo uciążliwa, więc albo trzeba ją okresowo demagnetyzować, albo zaopatrzyć się w pęsetę z niemagnetyczną końcówką. Równie ważną cechą pęset jest ich antystatyczność. Niektóre czynności wymagają używania pęset z ostrymi zakończeniami, do innych zaś lepsze są pęsety z płaskimi końcówkami. Spotykane są również pęsety ze specjalnie wyprofilowanymi końcówkami do lutowania elementów SMD, takich jak rezystory czy kondensatory (**fotografia 14**).

9. Szczypce boczne

Potocznie nazywane również obcinaczkami, gdyż takie jest właśnie ich przeznaczenie (**fotografia 15**). Służą do obcinania przewodów połączeniowych i końcówek elementów przewlekanych montowanych na płytkach obwodów drukowanych. Grubość ciętych drutów zależy od wielkości i materiału, z którego szczypce są wykonane. Najczęściej jest to stal wysokowęglowa o dużej twardości. Szczypce boczne nadają się do cięcia pojedynczych drutów i przewodów skręconych (linek).



Fotografia 12. Preparaty do mycia płytek PCB



Fotografia 13. Różne typy przyrządów do ściągania izolacji

Szczypcami przedstawionymi na fotografii 15 można na przykład ciąć drut miedziany o średnicy do 1,3 mm. Większość tych narzędzi ma antypoślizgową i antystatyczną ochronę rękojeści.

10. Szczypce płaskie

Jest to kolejne narzędzie warsztatowe należące do obowiązkowego wyposażenia (**fotografia 16**). Występują w wielu różnych odmianach.



Fotografia 14. Pęsety do lutowania precyzyjnego



Fotografia 15. Precyzyjne szczypce boczne

Mają krótkie lub wydłużone końcówki, są mniej lub bardziej masywne. Szczypce płaskie są używane w różnych pracach mechanicznych związanych z konstruowaniem urządzeń elektronicznych. Z doświadczeń praktycznych wynika, że w warsztacie warto mieć kilka odmian tych szczypiec z tzw. kombinerkami włącznie.

11. Uchwyt do laminatu

Są takie czynności montażowe, dla których wygodnie jest ustawiać płytkę pod dowolnym kątem, a nawet obracać ją wokół własnej osi, zapewniając jednocześnie należyłą stabilność. Problem można rozwiązać za pomocą uchwytu do płytek drukowanych. Ma on rozsuwane ramiona, które dostosowuje się do rozmiarów płytki. Podstawa jest dość ciężka, co korzystnie wpływa na utrzymywanie stabilności poprawianej dodatkowo gumowymi, antypoślizgowymi podnóżkami (fotografia 17).

12. Uchwyt „trzecia ręka”

Zapewne każdy praktykujący elektronik znalazł się kiedyś w sytuacji, w której brakowało mu ręki do przytrzymania jakiegoś elementu podczas prac montażowych. Można sobie w takich sytuacjach radzić, używając uchwytu nazywanego potocznie „trzecią ręką” (fotografia 18). Oprócz dwóch ramion, których pozycja jest ustalana dowolnie i blokowana śrubą, użytkownik ma do dyspozycji lupę o powiększeniu $\times 2$. Są też wersje z dwiema lupami i podświetlaniem. Druga lupa jest mniejsza i ma powiększenie $\times 6$. „Trzecia ręka” jest przydatna do lutowania przewodów do gniazd, wtyczek, przełączników itp.

13. Mikroskop cyfrowy USB

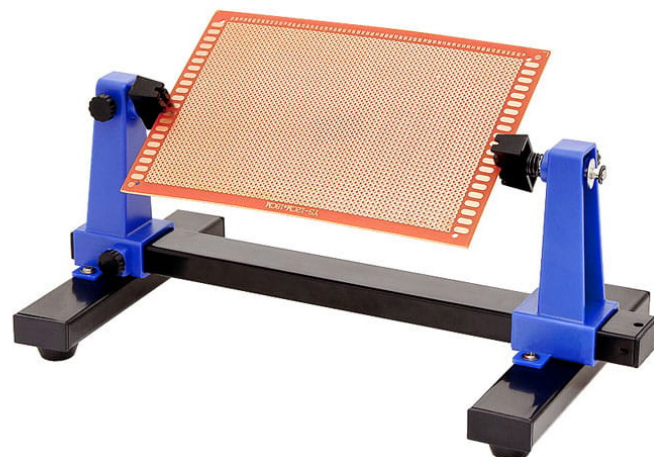
Jedną z operacji wykonywanych po zakończeniu montażu PCB jest wzrokowa kontrola jakości. Ocenę jakości lutów wykonują często również serwisanci, gdyż tzw. zimne luty są typową przyczyną nieprawidłowego działania urządzenia. Miejsca szczególnie „podejrzane” muszą być oglądane w dużym powiększeniu. Nie zawsze lupa $\times 6$ jest wystarczająca, płytkę trzeba wziąć pod mikroskop. Możliwości jest bardzo dużo. Oferta na mikroskopy cyfrowe jest tak obszerna, że może być problem z wyborem najlepszej. Obejmuje urządzenia od bardzo prostych, przeznaczonych dla amatorów, małych pracowni i serwisów w cenie kilkudziesięciu złotych do bardzo profesjonalnych mikroskopów produkcyjnych, który cena sięga kilkudziesięciu tysięcy złotych. Wydaje się, że zajmując się montażem SMD, wcześniej czy później każdy stanie przed koniecznością zakupu takiego urządzenia. Najprostsze mikroskopy USB w cenie do 100 zł zapewniają powiększenie do 500 razy (fotografia 19). Obraz jest wyświetlany na monitorze komputera. Mały statyw pozwala stabilnie ustawić mikroskop nad obserwowaną powierzchnią, co przy takich powiększeniach jest niezbędne. W pracach serwisowych u klienta można również rozpatrzyć zakup mikroskopu ręcznego o powiększeniu rzędu 50 razy. Inną alternatywą jest przystawka mikroskopowa do smartfonów.

14. Inne drobne elementy wyposażenia pracowni

Okazuje się, że w codziennej pracy elektronik, czy to konstruktor, czy serwisant, korzysta z wielu bardzo różnych większych lub mniejszych narzędzi, których nawet nie sposób wymienić. Zwykle są one gromadzone na przestrzeni lat i czasami sami właściciele zastanawiają się, jak oni to wszystko upychają w swojej pracowni. Może więc dziwić, że w całym bałaganie, który ich otacza, doskonale orientują się, gdzie



Fotografia 16. Szczypce płaskie o różnych zastosowaniach



Fotografia 17. Uchwyt do laminatu



Fotografia 18. Uchwyty typu „trzecia ręka”



Fotografia 19. Mikroskopy cyfrowe

co leży. Bez dokładniejszego zagłębienia się w szczegóły wymienimy przynajmniej część tych akcesoriów, które są przydatne w codziennej pracy. Są to: kable połączeniowe i pomiarowe zakończone różnego rodzaju wtykami i chwytakami, kabelki do połączeń na płytkach stykowych ze wszystkimi kombinacjami zakończeń (męsko-męskie, żeńsko-żeńskie, męsko-żeńskie), pistolet do kleju na gorąco, laminat jedno- i dwustronny do szybkiego wykonywania własnych PCB wraz z niezbędnymi do tego odczynnikami i kuwetami, komplet wkręta-ków i kluczy zwykłych i imbusowych różnych rozmiarów. Wygodne w użyciu są tzw. bity, czyli końcówki nasadzone na uniwersalne uchwyty, którymi po szybkiej wymianie można wkręcać lub wykręcać różne śruby i nakrętki. Komplet wkręta-ków precyzyjnych, w tym ceramicznych do strojenia filtrów z rdzeniem ferrytowym, zestaw nożyków z uniwersalną rękojeścią, szafki, półki i różnego rodzaju organizery pozwalające na uporządkowane magazynowanie wielu



Fotografia 20. Suwmiarka zabudowana w długopisie

różnych, często bardzo małych elementów elektronicznych i mechanicznych, chwytaki magnetyczne przydatne podczas wydobywania wkrętów i nakrętek wpuszczanych w głębokie kanały, szczoteczki ESD o twardym włosiu służące do czyszczenia zabrudzeń na płytkach drukowanych. Użycie chwytaków magnetycznych grozi trwałemu namagnesowaniu elementów, które nie powinny być temu poddawane. Przez nieostrożność można na przykład namagnesować pęsetę lub wkrętak. Jedynym rozwiązaniem problemu jest więc magnetyzer/demagnetyzer. Jest to bardzo proste i tanie narzędzie, nie powinno więc zabraknąć w warsztacie elektronika.

Kolejne elementy wyposażenia to plastikowe i metalowe otwieraki do obudów przydatne w pracach serwisowych. Służą one do podważania wieczka obudowy urządzenia elektronicznego podczas jej otwierania bez groźby zarysowania. Narzędzia do wymiarowania: linijki, kątomierze, suwmiarki. Ciekawym gadżetem przydatnym szczególnie w pracach serwisowych może być suwmiarka w długopisie, którą można mierzyć wymiary przedmiotów do ok. 10 cm (fotografia 20). Dokładność takiego pomiaru jest wprawdzie dość ograniczona, ale w wielu przypadkach wystarczająca. Przydatnym usprawnieniem prac serwisowych, szczególnie tam, gdzie trzeba sięgać ręką do trudno dostępnych, zaciemnionych miejsc, jest bezpalcowa, wodoodporna i antypoślizgowa rękawiczka z latarką LED. Przy bezpośrednim kontakcie z elementami CMOS ochronę przed ładunkiem elektrostatycznym mogą zapewnić rękawiczki antystatyczne. Ochronę przed bezpośrednim kontaktem z elementem zapewnia także chwytak podciśnieniowy, za pomocą którego łatwo można nałożyć np. montowany element na pola lutownicze.

Ręczna wiertarka z kompletem wiertel i frezów, za pomocą której można wiercić otwory w PCB, rozwiercać otwory w serwisowanych urządzeniach, wyrównywać technologiczne nierówności na krawędziach ciętego laminatu. Do takich wiertarek można zakładać bawełniane i kaszmirowe końcówki do polerowania, a także szczotki druciane do usuwania zasklepionych zabrudzeń. Podczas prac z takimi narzędziami jak wiertarki lub szlifierki warto zadbać o własne bezpieczeństwo, zawsze zakładając okulary ochronne.

Jeśli w pracowni są często wykonywane we własnym zakresie obwody drukowane, w wyposażeniu powinna się znaleźć gilotyna do cięcia laminatu.

Trudno sobie wyobrazić, aby serwisanci wykonujący naprawy zasilaczy, wzmacniaczy mocy, płyt komputerowych itp. nie korzystali z past termoprzewodzących i klejów przewodzących. Do nakładania ich na powierzchnie pod elementy mocy służą opakowania fabryczne lub dozowniki i strzykawki z igłami dozującymi. Serwisantom sprzętu informatycznego z pewnością przyda się tester portu USB. Za jego pomocą można bez dodatkowego oprzyrządowania mierzyć napięcie i prąd pobierany z portu USB np. przez ładowarki do telefonów.

Aparatura pomiarowa

Każdy elektronik niezależnie o tego, czy jest amatorem, czy profesjonalistą, powinien mieć dostęp co najmniej do podstawowych przyrządów pomiarowych. Ich liczba, marki, parametry techniczne w dużym stopniu zależą od środków finansowych, wielkości i rodzaju produkcji, stosowanych technologii itp. Podstawowe wyposażenie w aparaturę można podzielić na:

1. Zasilacze

W praktyce elektronika można się obyć bez oscyloskopu, bez generatora, nawet nie mając miernika, można coś zaradzić, ale bez zasilacza pracować się nie da (fotografia 21). To powinien być jeden z pierwszych zakupów do pracowni. Problem polega na bardzo zróżnicowanych cenach tych urządzeń, co na ogół jest związane z parametrami technicznymi, cechami funkcjonalnymi, często z marką. Jeśli w planach są prace z wieloma różnymi urządzeniami, warto dobrze przemyśleć kwestię zakupu dobrego zasilacza. Nieuzasadnione oszczędności będą wcześniej czy później się mściły. Pierwszym parametrem wyboru jest liczba sekcji. Zasilacze więcej niż 2-sekcyjne są dość drogie i niezbędne raczej rzadko, czasami bardziej opłacalne może okazać się kupienie dwóch zasilaczy 2-sekcyjnych niż jednego 4-sekcyjnego. Dwa napięcia zasilające można uznać za opcję najlepszą, gdyż często urządzenia wymagają dodatniego i ujemnego napięcia zasilającego. Najlepiej, jeśli obie sekcje są od siebie całkowicie odseparowane, a połączenie mas ustawia odpowiednimi zworami sam użytkownik. Jest to jednak wymaganie postawione dość mocno, zwykle obie sekcje mają fabrycznie połączoną wspólną masę. Drugim parametrem jest zakres regulacji napięć i prądu. Tu po cichu przyjmujemy, że zasilacz powinien mieć regulowane ograniczenie prądowe, które po pierwsze zabezpieczy układ przed ewentualnym uszkodzeniem, po drugie pozwoli na korzystanie z zasilacza jako źródła prądowego. Kolejnym czynnikiem wpływającym na wybór jest metoda regulacji: analogowa czy cyfrowa. Analogowa wydaje się przyjemniejsza w obsłudze, ale to kwestia bardzo indywidualna. Jeśli decydujemy się na regulację analogową, warto upewnić się, czy istnieje regulacja



Fotografia 21. Bogata oferta zasilaczy warsztatowych

zgrubna i dokładna. Inne ważne parametry zasilacza to: stabilność, tętnienia, moc itp.

2. Miernik uniwersalny

Mierniki analogowe zostały całkowicie zdominowane przez przyrządy cyfrowe (fotografia 22). Powrotu do mierników wskaźkowych w zasadzie już nie ma, może poza bardzo specyficznymi sytuacjami i użytkownikami hobbystami, którzy są tacy jak najbardziej ortodoksyjni fotograficy nieuznający aparatów cyfrowych. W pamięci jednak zawsze pozostanie legendarny V-640 rodzimej produkcji, niegdyś duma i sława naszej elektroniki. Wielofunkcyjne mierniki cyfrowe – multimetry, bo taka nazwa się utarła, można nabyć w cenie od kilkunastu złotych do kilkuset, a nawet jeszcze drożej. Cena jest często decydującym czynnikiem zakupu. Profesjonaliści będą oczywiście szczegółowo analizować parametry, takie jak dokładność, funkcje pomiarowe, zakresy itp. Funkcje dodatkowe, takie jak pamięć pomiarów, uśrednianie, wyznaczanie minimum i maksimum serii pomiarów, ręczne przełączanie zakresów, są w praktyce tak rzadko używane, że właściciele po jakimś czasie nawet o nich zapominają. Jeśli multimetr nie ma funkcji pomiaru parametrów tranzystorów czy pojemności kondensatorów, która wbrew pozorom przydaje się dość często, to należałoby pomyśleć o zakupie choćby najprostszyc **testerów kondensatorów i cewek oraz testerów tranzystorów**. Nie mówimy tu o mostkach RLC, które są drogie, a w większości pracowni będą wykorzystywane rzadko. Na pewno serwisanci sprzętu audio tester kondensatorów powinni mieć, ba... będzie to jeden z podstawowych ich przyrządów, gdyż do rutynowych działań przy serwisie sprzętu audio należy co najmniej przegląd kondensatorów, a zwykle też ich wymiana. Testery takie powinny mierzyć nie tylko pojemność, ale też upływność i rezystancję szeregową kondensatów.

3. Generator

Tu sprawa jest bardzo indywidualna. Parametry tego urządzenia zależą od profilu działalności. Bardzo często amatorzy decydują się na budowę tych przyrządów we własnym zakresie. Ma to swoje uzasadnienie, gdyż profesjonalne przyrządy są dużo droższe od takich konstrukcji, a parametry generatorów *home-made* mogą okazać się w zupełności wystarczające. Technika DDS stała się na tyle powszechna, że chętnie po nią sięgają domorośli konstruktorzy, uzyskując przy tym efekty, o których nawet nie marzyli niektórzy zawodowi elektronicy jeszcze 15, 20 lat temu. Wydaje się, że sensownym minimum jest generator przebiegu sinusoidalnego co najmniej do 10 MHz (a jeszcze lepiej 30 MHz). Jako minimum dla przebiegów cyfrowych można przyjąć 100 MHz. Wszystko jednak zależy od indywidualnych potrzeb. Należy też mieć na uwadze, że klasyczne generatory funkcyjne stały się już przeżytkiem. Obecnie generator inny niż arbitralny raczej nie wchodzi w grę. Chyba że odznacza się doskonałą relacją ceny do możliwości.

4. Oscyloskop

To temat najtrudniejszy, gdyż przyrządy te do tanich nie należą. Z drugiej strony mają tak zróżnicowane parametry, a zatem i cenę, że trudno dać jakąś ogólną poradę. Można zalecić zakup oscyloskopu mieszczącego się w maksymalnym budżecie, jakim się dysponuje. Tu nie ma na czym oszczędzać. Każda zaoszczędzona złotówka odbije się później irytacją podczas pracy. A to okaże się, że jakaś funkcja nie działa tak jak powinna, a to że obsługa jest mało intuicyjna i niewygodna, i trudno się do niej przyzwyczaić, a to że pasmo, które na początku



Fotografia 22. Multimetry przeznaczone do różnych zastosowań

wydawało się wystarczające, nagle staje się za małe. To samo z szybkością próbkowania, długością rekordu czy innymi parametrami. Renomowani producenci umożliwiają programowe podwyższanie parametrów. Dotykamy tu jednak kwestii uczciwości użytkowników i nie będziemy rozwijać tematu.

Do decyzji pozostaje jeszcze wybór rodzaju oscyloskopu. Czy ma to być przyrząd stacjonarny, czy ręczny, a może przystawka USB do komputera? Dostępne są też miniaturowe ręczne oscyloskopiki mieszczące się na dłoni z ekranem w postaci wyświetlacza LCD. Oczywiście parametry takich przyrządów będą nieporównywalne z profesjonalną aparaturą stacjonarną, ale do serwisu mogą być wystarczające. I tylko do serwisu.

Do bardzo poważnego rozważenia można zalecić przyrząd, który jako jedyny w tym artykule zostanie wymieniony z nazwy. Jest to Analog Discovery 2 firmy Digilent, który integruje wszystkie wymienione wyżej funkcje, zachowując przy tym bardzo rozsądne parametry, łatwość obsługi dzięki bardzo czytelnemu i intuicyjnemu interfejsowi użytkownika. Nie jest to przyrząd do wszystkich profesjonalnych zastosowań. Nie można na nim opierać wszystkich pomiarów, ale w wielu z nich, wykonywanych przy realizacji nawet poważnych projektów, będzie bardzo pomocny.

5. Inne przyrządy pomiarowe

Do nich należy zaliczyć przede wszystkim **analizator widma**. Jest to urządzenie, które coraz częściej kupują nawet niewielkie firmy zajmujące się konstruowaniem i produkcją urządzeń elektronicznych. Powodem tego są dwa czynniki: ceny analizatorów spadły na tyle, że stały się one dostępne dla ogółu użytkowników, nie tylko dla bogatych biur konstrukcyjnych wielkich korporacji; decydują się na nie producenci elektroniki, nawet uszczuplając chwilowo swoje zyski, aby zmniejszać koszty badań EMC wynikających z drastycznie zastrzonych kilka lat temu przepisów i norm. Nadal tylko ci najwięksi mają własne laboratoria EMC, ale małe firmy mogą dziś lepiej przygotowywać się do badań certyfikacyjnych, wykonując wstępne pomiary we własnym zakresie.

Jarostaw Doliński, EP

