

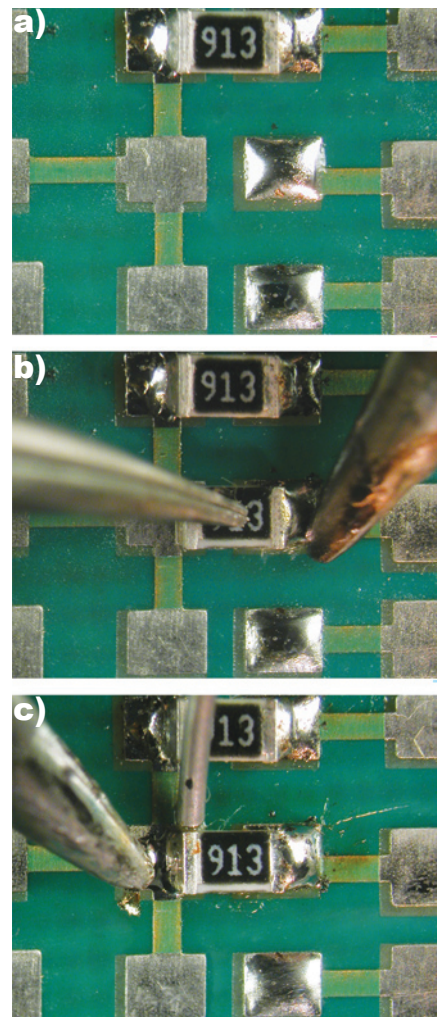
Montaż elementów SMD, część 5

Przebrnąwszy przez obszerne wprowadzenie dotarliśmy w końcu do właściwego tematu, zawierającego się w złożonym przez Red. Naczelnego zamówieniu: „Napisz coś praktycznego o montażu SMD”. Wyliczyliśmy już obudowy SMD leżące w obszarze naszych zainteresowań, wspomnieliśmy o istotnych różnicach między montażem SMT i TH, wypunktowaliśmy zjawiska zachodzące podczas lutowania, wymieniliśmy ważniejsze narzędzia i akcesoria... Pozostała zatem część najprzyjemniejsza – czysta praktyka, do tego ilustrowana licznymi zdjęciami.

Zacniemy od elementarnego narzędzia elektronika, czyli zwykłej lutownicy. Na często zadawane pytanie o typ stacji lutowniczej „niezbędnej do lutowania SMD” odpowiadam przekornie, że żadna stacja nie działa sama a montażyście potrzebna jest przede wszystkim wprawa poparta elementarną wiedzą na temat procesu lutowania. Oczywiście posiadanie stacji lutowniczej, zapewniającej regulację i stabilizację temperatury grota, znacznie poprawia komfort pracy. Tym bardziej że rynkowe ceny tego sprzętu ostatecznie przestały pełnić funkcję zaporową. Jednak w warunkach bojowych nawet zwykła lutownica grzałkowa powinna wystarczyć do wykonania poprawnego montażu. Wprawdzie sam nie korzystam z lutownicy transformatorowej, jednak jestem skłonny wierzyć zapewnieniom kolegów, że w sprawnych rękach również i taki archaiczny sprzęt sprawdza się w technice SMT. Przy korzystaniu ze zwykłej lutownicy na pewno przyda się dodatkowa możliwość regulacji mocy, chociażby przy pomocy ściemniacza, pozwalająca na ograniczenie przegrzewania końcówki po odłożeniu jej na podstawkę. Ale przede wszystkim trzeba nauczyć się wzrokowej oceny temperatury grota, m.in. na podstawie szybkości utleniania pokrywającej go cyny czy zachowania się topionej kalafonii (bryłka dotknięta grotem powinna łagodnie wrzeć, jednak bez skłonności do intensywnego dymienia). Moim zdaniem, właśnie umiejętność obserwacji obejmująca także sam proces formowania złącza, decyduje o jego jakości bardziej niż (dosyć umowne) nastawy temperatury w regulatorze stacji.

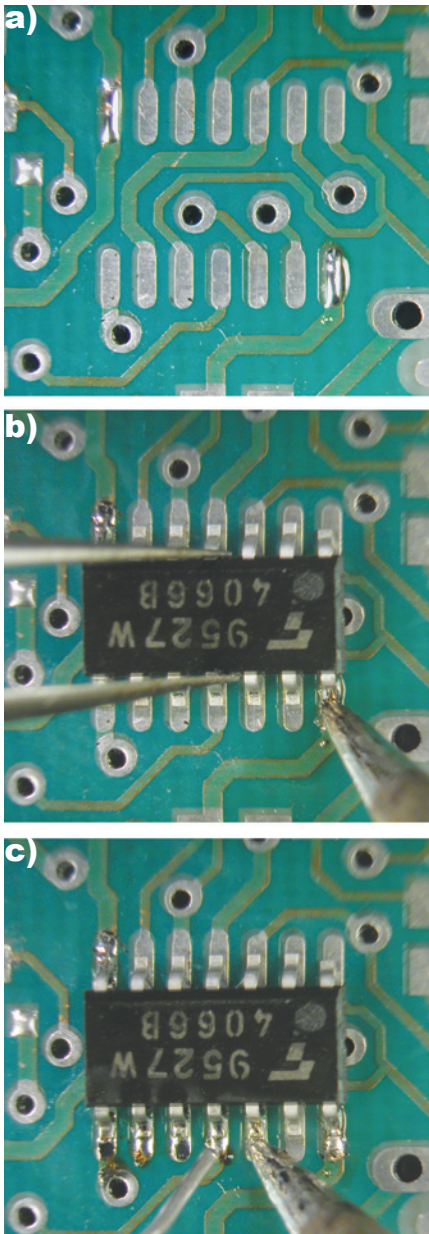
Istotne znaczenie będzie miał dla nas wybór grota. Skoro chcemy przymierzyć się do precyzyjnych elementów to w naturalnym odruchu wybierzemy ostrą końcówkę o rozmiarach porównywalnych z wymiarami złącz, czyli ok. 0,6...1 mm. Nie będzie odkrywczym stwierdzenie, że najważniejsze zadanie grota polega na skutecznym przekazywaniu ciepła. Zatem jego kształt powinien zapewnić możliwie dobre przyleganie do płytki i lutowanego elementu a tym samym małą rezystancję termiczną styku i szybkie nagrzewanie pola operacyjnego. Dotyczy to przede wszystkim współczesnych grotów o gładkiej, nierozpuszczalnej powierzchni, przyjmujących jedynie znikomą ilość stopu lutowniczego. Złe oddawanie ciepła skłania do nadmiernego forsowania temperatury lutownicy (tzn. istotnie powyżej ~250°C niezbędnych do skutecznego wygrzania złącza) a w konsekwencji zwiększa ryzyko przegrzania płytki i elementów oraz przyspiesza utlenianie lutowia na grocie. Większość ze sprzedawanych tanich stacji lutowniczych posiada w standardowym wyposażeniu jedynie grot z zakończeniem w kształcie zaokrąglonego stożka. Zadajmy sobie zatem proste pytanie z geometrii. Jaką powierzchnię styku ma zaokrąglony stożek przyłożony do płaszczyzny? Udzieliwszy odpowiedzi można spokojnie zająć się nabyciem nowego grota o bardziej racjonalnym kształcie. Np. wąskiego „śrubokręta” lub stożka ale z ukośnym ścięciem wierzchołka.

Co da się przylutować wybranym grotem? Decydując się na wąskie zakończenie kierowaliśmy się



Fot. 60. Punktowy montaż drobnych elementów SMD. a) Pola lutownicze oczyszczone z ew. pozostałości starego lutowia i pokryte ciekłym topnikiem. Jedno pole wstępnie pocynowane. b) Lutowanie pierwszego pola. Element przytrzymywany pincetą ma osiągnąć płasko na płytce a grot nie powinien dotykać go bezpośrednio. c) Lutowanie drugiego punktu. U góry widać przyłożony drut lutowniczy.

zamiarem dotarcia nim do każdego wyprowadzenia z osobna. Zatem dyponując końcówką o szerokości 0,6...1mm będziemy w stanie montować drobne elementy (R, C, D, T) oraz układy scalone o niewielkiej liczbie wyprowadzeń i luźnym rastrze a więc przede wszystkim SOIC i PLCC.

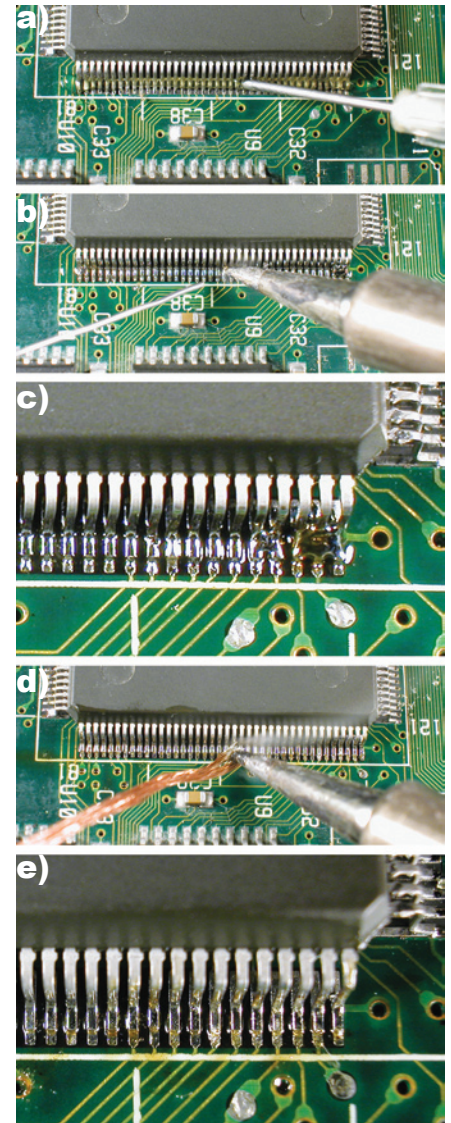


Fot. 61. Punktowy montaż układu scalonego o luźnym rastrze ($e=1,27$ mm). a) Płytkę oczyszczona i pokryta ciekłym topnikiem. Pocynowane dwa pola bazowe. b) Pozycjonowanie i aretowanie elementu. Po zalutowaniu pól bazowych wszystkie nóżki powinny dotykać płytki. c) Lutowanie punkt po punkcie kolejnych pól.

Fot. 60 przedstawia sekwencję czynności związanych z montażem chipu 0805. Choć operacja wygląda bardzo prosto to jednak wymaga opatrzenia dodatkowym komentarzem.

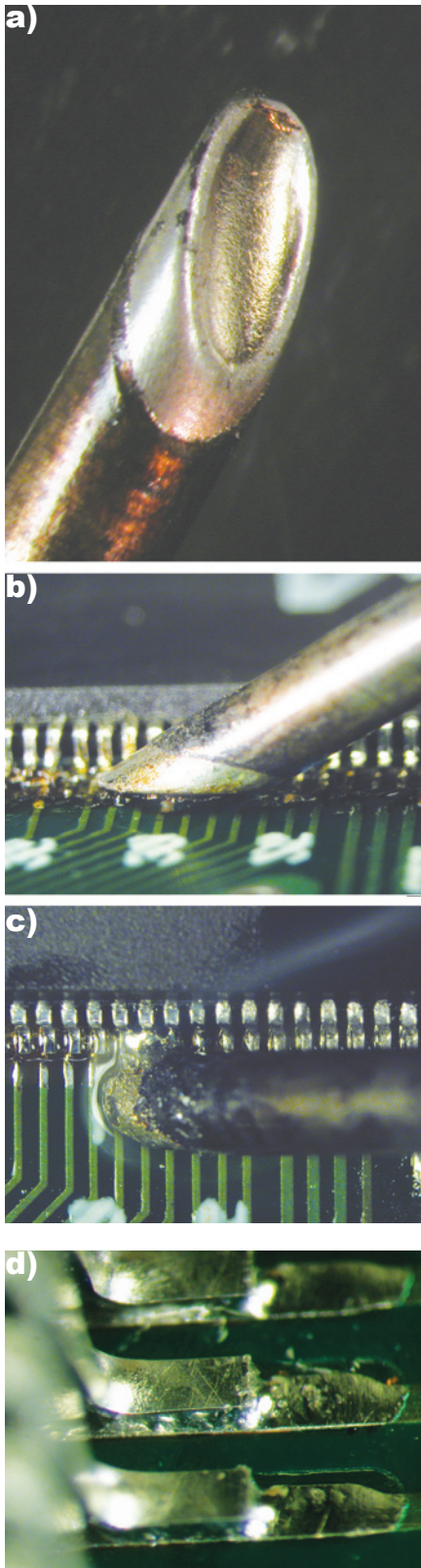
- Płytkę przed lutowaniem została pokryta ciekłym topnikiem RF800. Trzeba zadbać, żeby topnik zwilżył również wyprowa-

- dzenia montowanego elementu.
- Montaż utrwalony na zdjęciu odbywa się na nowej, czystej płytce. Jeżeli pola montażowe były już wcześniej używane to wymagają najpierw dokładnego oczyszczenia plecionką. Resztki starego lutownia uniemożliwią bowiem poziome osadzenie elementu na płytce.
- Jak już wcześniej wspominałem, sięgając po lutownicę należy najpierw oczyścić grot z resztek utlenionego lutownia dotykając nim kalafonii i wycierając o wilgotną gąbkę celulozową lub specjalny metalowy czyścik. Znikoma ilość topnika naniesionego na płytkę i zawartego w drucie rdzeniowym nie wystarczy bowiem do eliminacji tlenków z grot.
- Operacja montażu sprowadza się do pocynowania jednego pola (fot. 60a), jednostronnego przylutowania elementu z dociśnięciem do podłoża (fot. 60b) a następnie przylutowania pozostałych wyprowadzeń świeżą cyną podawaną bezpośrednio na złącze (fot. 60c). Do precyzyjnego montażu przydaje się cienki drut lutowniczy. Może to być łatwy do nabycia drut $\Phi 0,56$ mm, choć posiadanie drutu $\Phi 0,25$ mm ułatwia dokładne dozowanie lutownia.
- Szczególnej uwagi wymaga montowanie delikatnych elementów, wrażliwych na przegrzanie (takich jak np. kondensatory tantalowe) oraz kruchych a tym samym wrażliwych na uszkodzenia mechaniczne i nadmierne gradienty temperatury (kondensatory ceramiczne MLCC). Wrażliwość warstwowych kondensatorów ceramicznych na zmiany temperatury wynika ze znacznej różnicy współczynników rozszerzalności między ceramicznym dielektrykiem a metalicznymi pokryciami elektrod oraz laminatem. Gwałtowne nagrzewanie chipu powoduje powstawanie charakterystycznych mikropęknięć w jego strukturze, naruszających ciągłość elektrod. Mikropęknięcia te następnie powiększają się i kumulują w kolejnych cyklach termicznych. Oprócz ewidentnych uszkodzeń jak zwarcie lub całkowita utra-



Fot. 62. Montaż układów scalonych o gęstym rastrze (na zdjęciu: $e=0,65$ mm) przy użyciu zwykłego grot. a) Nakładanie żelowego topnika. b) Lutowanie z nadmiarem cyny. Grot prowadzi kroplę stopu przeciągając ją przez kolejne pola. c) Pozostała kropla cyny tworzy mostek zwierający ostatnie nóżki. d) Usuwanie zwarc przez odessanie plecionką zbędnego lutownia, e) wygląd gotowych złącz po oczyszczeniu z nadmiaru stopu lutowniczego.

ta pojemności, częściej dochodzi do uszkodzeń częściowych np. zmniejszenia pojemności lub wzrostu rezystancji szeregowej (ESR). Takie defekty, występujące np. wśród kondensatorów odsprężających zasilanie, mogą być trudne do zdiagnozowania a zarazem fatalnie wpływać na niezawodność urządzenia. Również mechaniczne odkształce-



Fot. 63. Grot z zakończeniem typu „minifala”. a) Krater na końcu grota gromadzący zapas stopu lutowniczego. b) Przyłożenie grota do płytki – widok z boku. c) Przyłożenie grota do płytki – widok z góry. d) Wygląd końcówek po przyłutowaniu „minifala”.

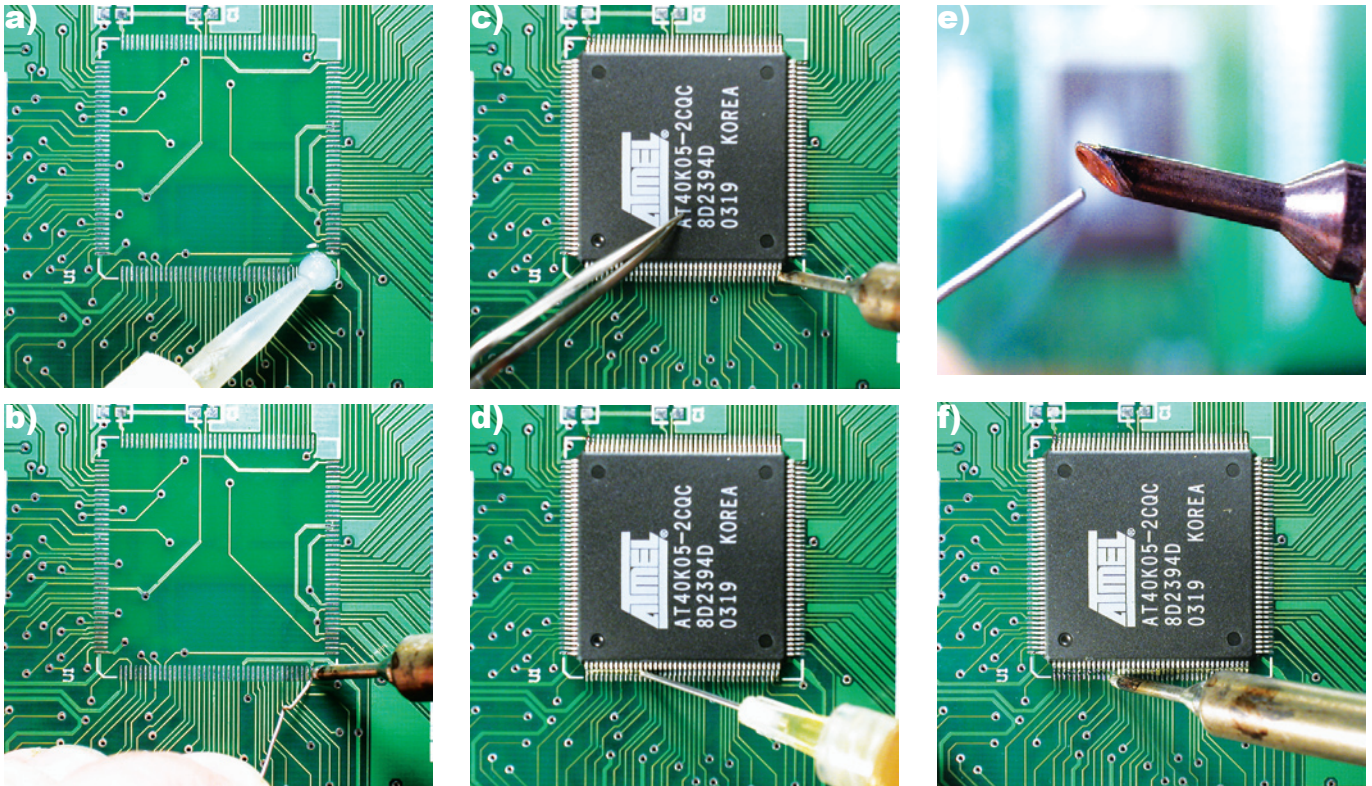
nia płytki przenoszące się na źle rozmieszczone kondensatory powodują ich pękanie. Problem nie jest błaży i wg. dostępnych opracowań dotyczy znacznego odsetka ręcznie montowanych kondensatorów MLCC, jednak znacznie wykracza poza ramy artykułu. Generalnie powinno się przyjąć zasadę, że w trakcie montażu grot lutownicy ma nagrzewać jedynie pole lutownicze na płytce a nigdy nie dotykać bezpośrednio wrażliwego elementu. Również należy unikać stosowania nadmiernej ilości lutowia (złącze ma mieć wygląd wklęsłego menisku a nie wystającej, obłej kropli).

Na fot. 61 możemy zobaczyć analogiczną operację, tzn. lutowanie punkt po punkcie układu scalonego w obudowie SOIC. Najważniejszą czynnością towarzyszącą montażowi wszelkich układów scalonych jest dokładne, wstępne pozycjonowanie obudowy. Dwa skrajne, zawczasu pocynowane, pola lutownicze (fot. 61a) służą jako punkty bazowe do których mocuje się układ, osadzając go płasko na płytce (fot. 61b). Dopiero po weryfikacji i ew. skorygowaniu ustawienia oraz sprawdzeniu czy wszystkie wyprowadzenia dotykają podłoża, można przystąpić do lutowania pozostałych pól (fot. 61c).

Układy SOIC o rastrze wyprowadzeń $e=1,27$ mm są dosyć łatwe do montażu – zarówno dzięki umiarkowanym wymaganiom co do precyzji operowania lutownicą ale także za sprawą szerokich separacji między polami lutowniczymi, utrudniających powstawanie zwarć. Jednak co zrobić, gdy raster staje się mniejszy od rozmiarów grota i nie da się przyłutować jednego wyprowadzenia nie zwiernając przy tym kilku sąsiednich? Odpowiedź jest o tyle prosta co zaskakująca – użyć dobrego topnika i nie przejmować się zvarciami. Fot. 62 dokumentuje montaż układu QFP o rastrze $e=0,65$ mm przy użyciu zwykłego, stożkowego grota. Montaż zaczyna się od nałożenia warstwy topnika żelowego (fot. 62a). Wprawdzie operacja powinna się udać także przy użyciu ciekłego RF800 czy zwykłej kalaonii, jednak w tym wypadku ujawnia się wyższość żelu (na zdjęciu:

RMA-7) pokrywającego cały czas nóżki układu i wydatnie ułatwiającego operowanie kroplą lutowia. Tym razem nie żałujemy cyny. Płynnym ruchem grota przeciągamy nadmiar stopu przez cały rząd wyprowadzeń, aż do skrajnych nóżek (fot. 62b). Operacja okaże się łatwiejsza jeżeli nieco pochylimy płytkę tak, żeby prowadzenie kropli lutowia odbywało się pod kątem w dół. Zapewne nie da się uniknąć przy tym powstania kilku mostków po drodze a na już na pewno dużego zwarcia paru ostatnich wyprowadzeń (fot. 62c). Zresztą taki sposób montażu wykazuje pewne pokrewieństwo z przemysłowym lutowaniem na fali. Do tego stopnia, że problem zwarć mogłyby rozwiązać standardowo stosowane w tej technice pułapki lutowia, czyli dodatkowe, duże pola lutownicze pozostawione za układem (patrz w kierunku ruchu fali) a przeznaczone do przechwycenia nadmiaru cyny. W naszym przypadku, tego nadmiaru pozbędziemy się jednak z łatwością (fot. 62d) za pomocą znanej już plecionki uzyskując efekt taki jak na fot. 62e.

Wróćmy jeszcze raz do kwestii pozycjonowania. Im gęstszy raster i delikatniejsze wyprowadzenia, tym większego znaczenia nabiera rzetelne sprawdzenie przed zalutowaniem czy wszystkie piny trafiają dokładnie na swoje miejsca. Pomijając fakt, że wbrew pozorom wcale nietrudno popełnić błąd polegający na przesunięciu całego układu o jedną pozycję, szczególną uwagę trzeba zwrócić na wygięte nóżki. W montażu automatycznym, gdzie układ powinien być pobierany niemal bezpośrednio z opakowania transportowego takie deformacje nie powinny mieć miejsca. Jednak w podzespołach kupowanych detalicznie, pakowanych w torebki i tak też przechowywanych w warsztacie, będzie niemal pewne, że niektóre końcówki ulegną odkształceniu. Wygięcia w bok, odsuwające nóżkę z centrum pola lutowniczego, są względnie łatwe do zauważenia i skorygowania. Jednak równie ważne okazuje się dokładne przyleganie „stopy” wyprowadzenia do płytki drukowanej. Ma to szczególne znaczenie gdy użyje się plecionki do odsysania lutowia. Jej skuteczność jest bowiem



Fot. 64. Montaż gęstorastrowego układu scalonego (na zdjęciu: $e=0,65$ mm) przy użyciu grota „minifala”. a) Nakładanie topnika na pola bazowe. b) Cynowanie pól bazowych (dwa skrajne pola w przeciwnych narożnikach). c) Pozycjonowanie i wstępne mocowanie układu. Po umocowaniu układu należy jeszcze raz dokładnie sprawdzić czy wszystkie nóżki przylegają do płytki i trafiają centralnie na właściwe pola. d) Nakładanie topnika żelowego. e) Wypełnianie wgłębienia w grocie świeżym stopem. Grot musi być wcześniej dokładnie oczyszczony z utlenionej cyny pozostałej po poprzednim lutowaniu. f) Lutowanie polegające na przeciągnięciu grota powolnym, płynnym ruchem przez cały rząd wyprowadzeń.

tak duża, że piny wiszące w powietrzu zostaną po prostu rozlutowane. Jeżeli przyjrzymy się fot. 61 to zauważymy, że mimo woli została na niej udokumentowana taka właśnie fuszerka. Zagięta końcówka nr 1 prawdopodobnie podnosi cały układ odrywając kolejne piny od podłoża.

Kłopotliwe operowanie luźną kroplą cyny i konieczność późniejszego usuwania zwarć poskutkowałą wprowadzeniem grota typu „minifala”. Na jego końcu wyźłobiono krater gromadzący zapas stopu wystarczający do zalutowania całego rzędu wyprowadzeń (fot. 63a). Złośliwie można by stwierdzić, że jest to osiągnięcie technologiczne polegające na wykonaniu kroku wstecz. W czasach gdy powszechnie korzystano z miedzianych grotów rozpuszczanych przez stop SnPb, taki krater powstawał bowiem samoistnie i zupełnie za darmo w każdej intensywnie używanej lutownicy. Jednak porzucając złośliwości musimy przyznać, że minifalą operuje się czysto i bardzo wygodnie.

Sposób przyłożenia grota do płytki prezentują fot. 63b, c. Możliwe są dwa sposoby prowadzenia – od góry po nóżkach lub po samych polach lutowniczych, na styk do wyprowadzeń układu. Wprawdzie każdy musi eksperymentalnie sam dojść do optymalnego ułożenia, jednak w moim subiektywnym odczuciu prowadzenie grota bezpośrednio po płytce powoduje mniejszą tendencję do powstawania zwarć. Jednocześnie jak można zobaczyć na fot. 63c nóżki są dobrze nagrzewane i zwilżane przez lutowie penetrujące głęboko pod całe stopy wyprowadzeń (fot. 63d).

Sekwencję czynności związanych z użyciem minifali do montażu obudowy QFP ($e=0,65$ mm) obrazuje fot. 64. Zaczynamy od przygotowania punktów bazowych (fot. 64a, b) i wstępnego osadzenia układu (fot. 64c). Jeszcze raz kontrolujemy poprawność ustawienia zgodnie z zasadą, że lepiej ją trzy razy sprawdzić i ew. skorygować niż potem demontować cały układ. Na wyprowadzenia nakładamy topnik

żelowy, w tym wypadku traktując go już raczej jako konieczność. Następnie wypełniamy krater grota na płasko świeżym lutowiem (fot. 64e). Przed napełnieniem grota należy bardzo dokładnie usunąć pozostałości starego, utlenionego stopu. Być może nie wystarczy do tego gąbka i trzeba będzie sięgnąć po plecionkę. Wreszcie przykładamy grot do pierwszych nóżek i powolnym, płynnym ruchem przeciągamy przez całą szerokość układu (fot. 64f). Dobrze wykonana operacja minifalą powinna się udać za pierwszym razem, bez pozostawienia zwarć.

W następnym odcinku przyjrzymy się jeszcze lutowaniu rozplwowemu za pomocą stacji z nadmuchiwanym gorącym powietrzem. Następnie zajmiemy się demontażem – z jednej strony mniej lubianym, czasem również bardziej kłopotliwym od montażu, ale nieuchronnie towarzyszącym uruchamianiu i wszelkim naprawom elektroniki.

Marek Dzwonnik, (EP)
marek.dzwonnik@ep.com.pl