

Współpraca projektanta PCB z wykonawcami (1)

Zastosowanie współczesnych standardów IPC

Chciałbym skupić się głównie na problematyce elementów bibliotecznych PCB. Prawidłowo stworzona biblioteka elementów to ogromny skarb. Dobra i kiepska biblioteka mogą różnić się bardzo albo też mogą różnić się drobiazgami. Jednak wszystkie te różnice wpływają ostatecznie na czas, jaki mija między pomysłem a powstaniem gotowego urządzenia. Dlatego też, każdy element biblioteki, który został sprawdzony, jest dla elektronika/firmy bardzo cenny.

Projektując dowolną obudowę, w pewnej chwili zadamy sobie pytanie, jaki jest właściwy rozmiar punktu lutowniczego? Zwykle propozycje w dokumentacjach różnych firm minimalnie różnią się. Wyprodukowanie płytek wiąże się ze spełnieniem pewnych wymagań... Nałożenie pasty lutowniczej to kolejne wymogi... Do tego, automaty układające elementy też mają swoje potrzeby.

Niedługo okaże się, że specjaliści na forach mają różne zdania. A jeśli jeszcze sami zaczniemy zastanawiać się, co będzie się najprościej lutować... To koniec... Polegliśmy.

Na pytanie o wymagany rozmiar pola lutowniczego, istnieje odpowiedź, która da się opisać matematycznym wzorem. Wzór

ten uwzględnia zarówno wymogi technologiczne, jak i dopuszczalne odchyłki w wykonaniu podzespołu, płytki drukowanej oraz w czasie montażu. Wzory te nawet nie są przesadnie skomplikowane [1] i moglibyśmy sami je liczyć, szczęśliwie powstały jednak całkiem dobre, darmowe narzędzia, które zrobią to za nas.

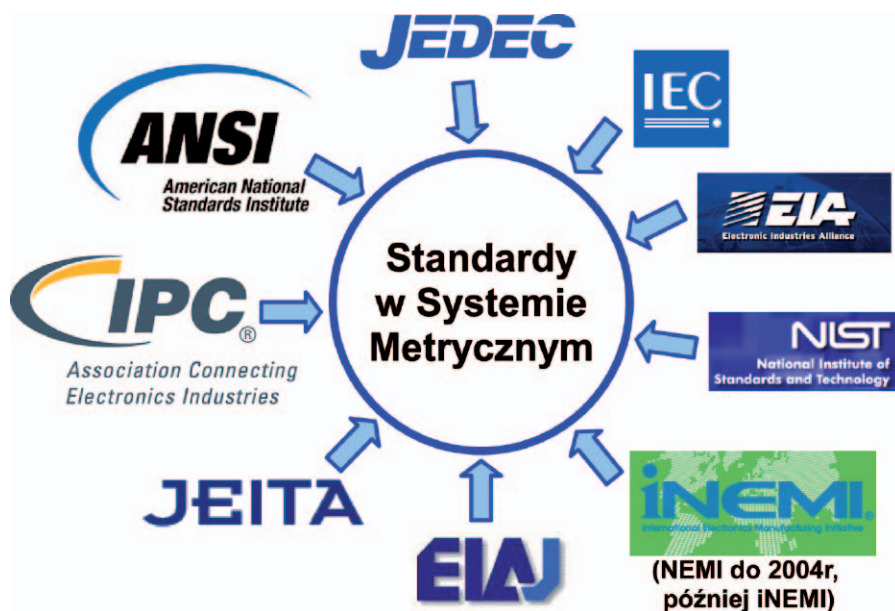
Oprócz samego wyglądu podzespołów, pozostaje jeszcze kwestia nazewnictwa. Jak nazwać rezystor SMD o wymiarze 0805? Może RSMD0805? A może SMDR0805 albo R0805_SMD... To pozornie durne i banalne rozważanie przedstawia tak naprawdę ogromny problem. O ile projektujemy urządzenia sami, w domowym zaciszu nie ma to

wielkiego znaczenia. Jednak jeśli zaczynamy pracować w firmie, potem na przykład firmę tą zmienimy, stracimy masę czasu na poznanie nowej biblioteki. Nowy elektronik, pracujący z naszą biblioteką będzie musiał poświęcić czas na zapoznanie się z używanymi przez nas oznaczeniami. Prawdopodobnie, kiedyś zdubluje naszą pracę, ponieważ wykona element, którego nie spodziewał się znaleźć pod nazwą, jaką mu nadaliśmy. Aby tego uniknąć, dobrze jest przyjąć jakiś standard...

Jeśli przyjmujemy jakiś standard, niech będzie to ogólny standard międzynarodowy.

Część czytelników Elektroniki Praktycznej zajmuje się elektroniką przede wszystkim hobbystycznie i może uważać, że problem ich nie dotyczy. Problem trzymania się pewnych standardów rośnie rzeczywiście wraz z komplikacją projektu oraz wielkością biblioteki. Rośnie błyskawicznie wraz ze wzrostem ilości osób korzystających ze wspólnych zasobów. Staje się ważny także w momencie, gdy zaczynamy kontaktować się z firmami zajmującymi się montażem automatycznym. Nie ma nic przyjemnego w konieczności ręcznej poprawy, montowanego na automatach urządzenia, ponieważ jakaś obudowa sprawia problemy.

Wybierając standard, w jakim będziemy tworzyć naszą bibliotekę, powinniśmy zacząć od podstaw. Podstawą w tym przypadku będzie wybranie odpowiedniego systemu



Rys. 1. Organizacje standaryzujące przemysł elektroniczny

Jednostka mil/thou

Jeden mil to jednostka oznaczająca w dosłownym przekładzie „mili-inch”, czyli tysięczną część cala. Została wprowadzona w roku 1844. Gdy system metryczny zaczął stawać się bardziej popularny, nazwę mil zaczęto zastępować nazwą thou (wymawiane jak w słowie thousand). Zostało to zapoczątkowane ze względu na łatwe mylenie nazwy mil z jednostką milimetr. Jednocześnie nazwa mil jest nazwą jednostki stosowanej w wojsku do pomiaru kąta. Liczba mnoga od thou to także thou. Liczba mnoga od mil to mils. W Polsce przyjęło się pisanie 1 mils.



Fot. 1. Paul Eisle – „ojciec” współczesnej techniki PCB

pomiarowego. W technice pod tym względem panuje bałagan, spowodowany tym, że w użyciu są dwa standardy: metryczny i calowy. W elektronice ta dwoistość i przekonanie o słuszności jedynie systemu anglosaskiego (calowego) stwarza sporo problemów i niejasności.

Dlaczego przy projektowaniu PCB, pierwotnie stosowano system anglosaski [2][3][4][5][6]

System metryczny jest rodzajem Esperanto wśród systemów pomiarowych. Został stworzony całkowicie sztucznie pod sam koniec XVIII wieku przy głównej inicjatywie Francuskiego Zgromadzenia Narodowego. Trzeba było czekać aż do 1875 roku, kiedy to 17 państw podpisało Konwencję Metryczną, mającą na celu ujednoczenie systemu miar na świecie.

Zastosowanie jednego systemu miar na całym świecie ma oczywiste zalety, zwłaszcza dla krajów mocno uprzemysłowionych. Spośród uprzemysłowionych krajów, oficjalnemu wprowadzeniu systemu metrycznego najdłużej sprzeciwiała się Anglia – aż do 2000 roku.

Czym jest IPC? [8]

Organizacja została utworzona w 1957 roku jako „*Institute for Printed Circuits*”. Gdy więcej firm zostało wciągniętych do organizacji, nazwa została zmieniona na „*Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits*”. Aż do 1990 roku większość ludzi, związanych z przemysłem, nie było w stanie pamiętać pełnej nazwy organizacji lub nie zgadzało się ze znaczeniem nazwy (instytut dla połączeń oraz obudów urządzeń elektronicznych). Zachowanie skrótu IPC spotkało się z przygniatającą aprobatą członków organizacji.

Spośród wymienionych organizacji tworzących standardy obowiązujące w elektronice, IPC jest prawdopodobnie jedyną, która łączy w swoim działaniu wszystkie aspekty przemysłu elektronicznego. W zakresie ich zainteresowań leży prawidłowa współpraca między projektantami, producentami oraz firmami zajmującymi się montażem.

Dlatego też IPC ma niezwykle znaczenie dla profesjonalnego projektowania elektroniki. Z doświadczeń, które udało mi się zebrać tylko w moim otoczeniu, wynika, że trzymanie się standardów IPC, powoduje zniknięcie wszelkich problemów na styku, projekt – produkcja PCB – montaż.

System metryczny w tym kraju funkcjonował, jednak jego stosowanie było w dużej mierze dowolne. USA z oficjalnym wprowadzeniem systemu metrycznego wciąż zwleka.

Pełne wprowadzenie systemu metrycznego napotyka dwie główne przeszkody:

1. Niechęć społeczna – Jeśli ktoś całe życie korzystał z systemu anglosaskiego, wydaje się on całkowicie naturalny. Każdy intuicyjnie wie ile, mniej więcej, ma „jedna stopa”. Są to też czasy, gdy Anglicy byli ogólnie niechętni do „wszystkiego, co francuskie”.
2. Niechęć ze strony handlu detalicznego – Sprawa jest ciekawa z psychologicznego punktu widzenia: Jednostki stosowane w handlu, systemu anglosaskiego w sprzedaży wyglądają „lepiej” niż jednostki systemu metrycznego. 4 uncje to trochę mniej niż 125g, jeden funt to trochę mniej niż pół kilograma, jeden pint piwa to mniej niż pół litra piwa. Doświadczenie w sprzedaży dywanów pokazało, że mimo iż cena 10 funtów za jard kwadratowy, równa jest cenie 12 funtów za metr kwadratowy, to jednak kupujący odczuwali rzecz inaczej i preferowali sklepy stosujące rozliczenia w jardach, a nie w metrach.

Przy tak naszkicowanym otoczeniu historycznym, wystarczy już chyba wspomnieć o tym, że lwia część początków historii elektroniki odbywała się między Anglią a USA (formalnie niezależnym już od Anglii od 1783 r.).

Oficjalnie, za ojca płytek PCB w formie, w jakiej znamy je dziś, uznaje się Paula Eisle. W roku 1943 wykonał on pierwsze radio z wykorzystaniem płytki drukowanej, w formie znanej nam dzisiaj. W tym samym roku także uzyskał prawa patentowe do swojego wynalazku. Co dla nas ważne: wszystko to działo się w USA. Od tej chwili, przez długi czas to USA było główną potęgą w produkcji elektroniki. USA, które do dziś nie uregulowało sprawy oficjalnego wprowadzenia systemu metrycznego. Właśnie dlatego w elektronice obowiązywały na początku cale oraz thou.

Dlaczego podjęto decyzję o przejściu na system metryczny w elektronice?

Elektronika rozpoczęła swoją historię w mierze calowej, jednak cały, przemysłowy świat doceniał już i wprowadzał system metryczny.

Stosowany początkowo, minimalny skok wynosił 1 mil [7] i była to jedyna słuszna dla PCB jednostka. Sielanka trwała do roku 1988, w którym zebrały się światowe organizacje zajmujące się standaryzacją i postanowiły, że właśnie standard metryczny zostanie zastosowany w przyszłych projektach elektroniki.

Rys. 1 pokazuje organizacje standaryzacyjne mające ogromne znaczenie dla elektroniki. Ich dokładniejszy opis można znaleźć w źródłach [7]. Wszystkie one przyjęły konieczność przejścia na system metryczny. Już w 1990 roku pojawiły się pierwsze oznaki przejścia na nowy system miar: JEDEC zaczął przekształcać na system metryczny dokumentację obudów, które pierwotnie były wymiarowane w systemie anglosaskim.

IPC (patrz ramka), niezwykle ważna dla elektroników organizacja, zaproponowała minimalny skok dla nowych projektów równy 0,05 mm. To oczywiście spotkało się z ogromnym sprzeciwem ze strony USA. Niektórzy amerykańscy projektanci, firmy produkcyjne oraz inżynierowie wciąż walczyli z procesem przejścia na miarę metryczną.

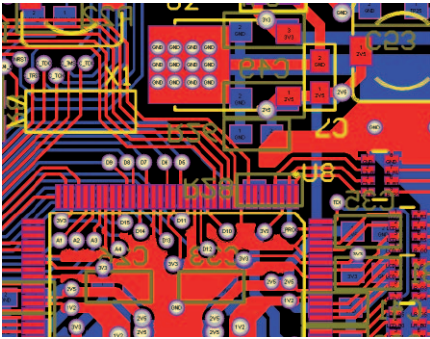
Co spowodował taki skok? Policzmy: 0,05 mm to 1,9685 mils. Zmusiło to elektroników do operowania jednocześnie dwoma bazowymi siatkami, które jednocześnie nie dawały się łatwo ze sobą powiązać. Powstały zamęt jest na pewno negatywnym skutkiem tego działania. Jednak stan ten miał dobry wpływ na producentów oprogramowania EDA. W przypadku autorouterów, przedstawione zostało rozwiązanie o nazwie „Griddleless Shape Based”. Dzięki temu, że autorouter taki pracował bez określonej siatki, możliwa stała się jego praca w projektach łączących nowe i stare technologie.

Trzeba zdawać sobie sprawę, że zmiana systemu pomiarowego nie jest po prostu kwestią zebrania kilku organizacji i stwierdzenia, że od jutra wszystko robimy w milimetrach, bo to fajny pomysł. Elektronika stała się dobrem międzynarodowym i przejście na międzynarodowy system miar w zasadzie było koniecznością. Zwróćmy uwagę na ramkę dotyczącą przeliczania długości w systemie metrycznym i anglosaskim. Otrzymujemy wartości z dużą liczbą cyfr po przecinku. Jeśli chcielibyśmy produkować całą elektronikę tylko w Stanach, można jeszcze walczyć o zachowanie milsów. Jednak jak pokażę za chwilę – to walka z wiatrakami i utrudnianie sobie życia. Jeśli chcemy produkować precyzyjne urządzenie, korzystające z małych obudów, w Chinach czy nawet w Polsce – z koniecznych zaokrągłeń wynikają same problemy. A im mniejsze obudowy, tym więcej problemów.

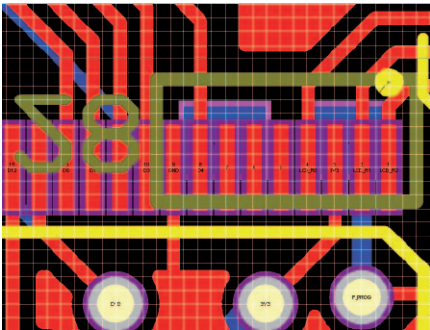
Projektujesz w SMD? Nie utrudniaj sobie życia milsami

Jeszcze do niedawna, byłem zatwardziałym zwolennikiem żmudnego przeliczania milimetrów na jedyne słuszne dla PCB milsy. Wiem też, że jest więcej osób o takim podejściu. Okazuje się jednak, że absolutnie nie tędy droga.

Zobacz do tab. 1. Pokazuje ona zestawienie odstępów między nóżkami w standardowych obudowach QFP. Widać tutaj, że podane wymiary w milsach, wymagają stosowania



Rys. 2. Podgląd pewnej płytki SMD, zaprojektowanej „w milsach”



Rys. 3. Zbliżenie płytki, wykonanej w milsach, z siatką 10 mils

Tab. 1. Zestawienie odstępów nóżek w milsach i milimetrach

Odstępy między nóżkami obudów QFP			
0,8	mm	=	31,5 mils
0,65	mm	=	25,6 mils
0,5	mm	=	19,7 mils
0,4	mm	=	17,75 mils
0,3	mm	=	11,8 mils

bardzo „nieprzyjemnych” liczb. Nóżki takiej obudowy, w mierze milsowej nie dają się praktycznie utrzymać w sensownej siatce.

Spójrz na rys. 2. Pokazuje on fragment jednej z bardziej skomplikowanych płytek, które miałem okazję zaprojektować, wykorzystując milsy jako jednostkę. Płytką nie wygląda źle, ale zapewniam Cię, że takie wykonanie projektu jest bardzo uciążliwe. Trudności nie sprawia samo prowadzenie ścieżek – tutaj wydajnie pomaga automatyczne przyciąganie ścieżek do padów. Przykrości zaczynają się, gdy raz zaprojektowaną ścieżkę trzeba minimalnie przesunąć.

Zobacz na rys. 3. Zawiera on zbliżenie płytki z rys. 2, wraz z wyświetloną siatką 10 mils. Jak widać, poza wyprowadzeniem pierwszym obudowy TQFP144, pozostałe nie trafiają w siatkę. Nie trafiłyby także w siatkę 5 mils ani nawet 1 mils.

Ze względu na pozycje padów, same ścieżki, które są do nich doprowadzone, mają zupełnie niewyrównaną z siatką pozycję. Jeśli teraz okaże się, że taką ścieżkę chcemy przesunąć, zacznie dziać się coś zblizonego do obrazka widocznego na rys. 4 i 5, na którym pokazano próbę najbliższego przesunięcia ze skokiem 5 oraz 1 mils. Na drugim z rysunków może być

to trudne do zaważenia, jednak ścieżki zostają wykrzywione. Zwykle takie przesuwanie kończy się ponownym poprowadzeniem ścieżki, gdzie uratuje nas opcja automatycznego przyciągania do punktu. Jednak jest to bardzo nieefektywne podejście.

W takiej sytuacji przejście na milimetry uprościłoby i przyspieszyłoby wykonanie projektu. Trzymanie się miary anglosaskiej nie jest absolutnie uzasadnione żadnymi praktycznymi przesłankami.

Spójrz na tab. 2. Ułatwi ona orientowanie się w milimetrach w chwili przyzwyczajania się do używania tej miary do projektowania płytek. Pomocna będzie też ramka o orientowaniu się w odpowiednich zależnościach.

Po co nam normy?

Normy są czymś, co niewiele osób lubi przy pierwszym kontakcie. Kojarzą się często z tekstami napisanymi specyficznym, bardzo trudnym językiem. Jednakże przez całe życie jesteśmy otaczani normami. A jako inżynierowie stajemy się ich aktywnymi użytkownikami. Po pewnym czasie, okazuje się, że normy nie utrudniają, ale ułatwiają życie i pracę. Otóż to dzięki normom istnieją śruby o określonych wymiarach. Dzięki normom obudowy rezystorów, tranzystorów czy układów scalonych są takie same u różnych producentów. Dzięki normom bez trudu czytamy schemat kolegi z Niemiec, Francji, Włoch czy USA.

Istnieją normy, które zmuszeni są poznać projektanci w specyficznych dziedzinach. I tak dla osoby pracującej nad sprzętem medycznym, podstawową biblią jest norma PN-EN 60601. Dla osoby, pracującej z urządzeniami iskrobezpiecznymi, ważna będzie norma PN-EN 50020 oraz PN-EN 60079... Sęk w tym, że o ile przebicie się przez wielkość norm w pierwszej chwili może wydawać się trudne, ich poznanie daje niezwykle komfort. To nie są tylko ustalenia, które ktoś wymyślił. To rzeczowa i potężna wiedza, mówiąca jak zrobić coś dobrze. Na co zwrócić wagę. Jak zabezpieczyć poszczególne obudowy. Jakie stosować grubości ścieżek i odstępów między nimi. To coś, co ktoś inny sprawdził w solidnym laboratorium. To informacje, które mówią, że gdy zrobimy urządzenia według nich, będzie ono bezpieczne w określonym zastosowaniu.

Oprócz norm, związanych z bezpieczeństwem, które musimy stosować, jeśli chcemy, aby nasze urządzenie zostało dopuszczone do obrotu na terenie Unii Europejskiej, istnieje szereg norm, których stosowanie jest dobrowolne. Należą do nich właśnie normy IPC, które przedstawię za chwilę. Ich stosowanie po prostu zapewni, że nie będziemy mieli problemów z projektem na etapie przejścia od zaprojektowanego obwodu PCB do działającego urządzenia. Wszystko dzięki temu, że normy te uwzględniają wszystkie etapy procesu technologicznego. Znajdziemy tutaj



Rys. 4. Najbliższe pionowemu ustawienie ścieżki, dla skoku 5 mils



Rys. 5. Najbliższe pionowemu ustawienie ścieżki, dla skoku 1 mils

Tab. 2. Zestawienie najczęściej stosowanych grubości ścieżek

mils	mm
4	0,1
8	0,2
10	0,25
15	0,35
20	0,5
30	0,75
40	1
50	1,25
60	1,5
75	1,9
85	2,1
100	2,5

też normy, zawierające zalecenia dotyczące prowadzenia sygnałów na płytach, rozmieszczenia elementów... Odpowiedzi na pytania, które często pojawiają się na forach... Dlatego też, jeśli masz dostęp do odpowiedniej cytelnicy, gorąco zachęcam do jej odwiedzenia.

Najważniejsze dla nas standardy IPC [9]

Od roku 1987, gdy inżynier potrzebował informacji na temat wymiarów oraz przedziałów tolerancji footprintów, sięgał po normę IPC-SM-782. Norma ta definiuje wygląd elementów PCB dla ogromnej ilości standar-

Kiedy stosować milsy, a kiedy milimetry?

Zadna skrajność nie jest dobra. Inżynierowie są od tego, aby myśleć i wybrać możliwie optymalną drogę rozwiązania problemu. Jeśli wciąż projektujesz urządzenia, korzystając z obudów DIP i standardowego montażu THT i masz do tego rozbudowaną bibliotekę PCB, nie ma sensu na siłę przechodzić na system metryczny. Jednak w chwili, gdy projektujesz urządzenie, głównie w technologii SMT, w nowym projekcie dobrze zapamiętać o milsach.

Z drugiej strony, jeśli projektujesz własną bibliotekę, albo chcesz wykorzystać bibliotekę dostępną we współczesnych programach, warto robić to od początku w milimetrach. Zauważ, że aby prawidłowo oddać w milimetrach odległości „milsowe”, stosowane w istniejących obudowach, konieczna jest rozdzielczość do 0,01 mm, z czym każdy program sobie radzi. Aby w milsach oddać odległości „milimetrowe” konieczne jest już stosowanie rozdzielczości 0,1 mils, przy czym i tak będzie to obciążone pewnym błędem.

dowych obudów SMD. Dokument ten został całkowicie odnowiony w 1993 roku. Powstała wtedy rewizja A. Nowelizowany dwukrotnie, w 1996 w celu wprowadzenia definicji nowych komponentów oraz 1999 w celu wprowadzenia obudów BGA w podziałce do 1 mm. Twórcy dokumentu zmagali się wciąż z pojawiającymi się dynamicznie, nowymi rodzinami obudów oraz wzrastającymi wymaganiami odnośnie do gęstości upakowania podzespołów [10].

Zależności jednostek długości w systemie anglosaskim i metrycznym

System metryczny i anglosaski rozwijały się całkowicie niezależnie. Z tego też powodu przeliczniki są ułamkami o dużej liczbie cyfr. Większość inżynierów wie, że 1 cal = 2,54 cm. Czyli 1 mils to 2,54 mm. Wielu elektroników przy przeliczaniu z milimetrów na cale, odruchowo powie, że 1 mm to w przybliżeniu 39,4 mils. Dokładniej jednak: 1 mm = 39,37007874... mils

Biblioteki zgodne ze standardem IPC-SM-782 są dołączone chociażby do wciąż popularnego w Polsce pakietu Protel 99SE.

Orientowanie się w zależności między 0,05 mm a 1 mils

Jednostkowy skok zaproponowany przez IPC wynosi 0,05 mm. Odpowiada to 1,9685 mils. Dla obliczenia odpowiednich grubości ścieżek, wielkości punktów lutowniczych i innych, podobnych wartości, niewymagających dużej dokładności, można śmiało przyjąć, że:

0,05 mm ≈ 2 mils

Tak więc dobranie odpowiedniej grubości ścieżki, gdy do tej pory stosowaliśmy 30 mils, wymaga pomnożenia tej wartości przez 2,5 i podzielenie przez 100, aby otrzymać odpowiadającą jej wartość w milimetrach (0,75 mm).

Standard IPC-SM-782 definiuje wygląd elementów. Nie definiuje natomiast konkretnie ich nazw.

W roku 2005 pojawiła się norma IPC-7351, będąca długo oczekiwanym następcą IPC-SM-782A. To nie tylko odświeżony standard footprintów dla nowych rodzin podzespołów. IPC-7351 wprowadziło zmianę w sposobie definiowania elementów. Po szczególne wymiary zostały opisane równaniami, zamiast szytywnego zdefiniowania poszczególnych footprintów. Skategoryzowane i zdefiniowane zostały wszystkie kluczowe elementy, aby stworzyć nową, przemysłową bibliotekę elementów PCB [10].

Gotowymi bibliotekami w standardzie IPC-7351 mogą cieszyć się już użytkownicy Altium Designera 6.3 [11].

Niezależnie od używanego narzędzia projektowego, firma PCB Matrix posiada w ofercie narzędzie „IPC-7351 LP Wizard”. Umożliwia ono wygenerowanie stosownych bibliotek praktycznie dla wszystkich, liczących się systemów projektowych.

Paradoksalnie, IPC długo nie utworzyło normy footprintów dla elementów przewlekanych. Pewne informacje na ten temat pojawiają się w normach IPC-2221 oraz IPC-2222 (a wcześniej w IPC-D-275). Są to jednak głównie informacje dotyczące odpowiedniego projektowania padów, stosunku wielkości miedzi do wielkości otworu, odstępów termicznych czy zalecany dystans między otworem a warstwami zasilania (dotyczy głównie płyt więcej niż dwu-warstwowe). Dopiero norma IPC-7251 przedstawia konkretne opracowanie na temat footprintów THT. Pierwszy szkic normy IPC-7251 powstał w połowie 2008 roku. Norma nie została jeszcze uchwalona i nie można jej zakupić. Dostępny jest natomiast wspomniany pierwszy szkic, do pobrania na stronie www.ipc.org.

Poza normami związanymi z samymi footprintami, pojawiły się także i rozwijały normy dotyczące całego procesu projektowania i produkcji płyt obwodów drukowanych. Od roku 1991 była to norma IPC-D-275. Zastąpiona została w 1998 roku przez normy IPC-2221 oraz IPC-2222. Normę IPC-2221 (aktualnie już 2221A) polecam do przejrzania każdemu, kto zabiera się za projektowanie bardziej skomplikowanej płytki PCB. Zawiera ona dużą ilość zaleceń jak projektować obwód oraz jak prowadzić sygnały, jak rozmieszczać elementy, aby uzyskać prawidłowo działające urządzenie.

Ramka na stronie 112 zawiera opis najważniejszych dla nas standardów. Dwa pierwsze z wymienionych zostały już zastąpione nowymi standardami. Nie znaczy to, że zawarte w nich informacje są nieaktualne. Po prostu powstały publikacje, które lepiej odpowiadają dzisiejszym potrzebom.

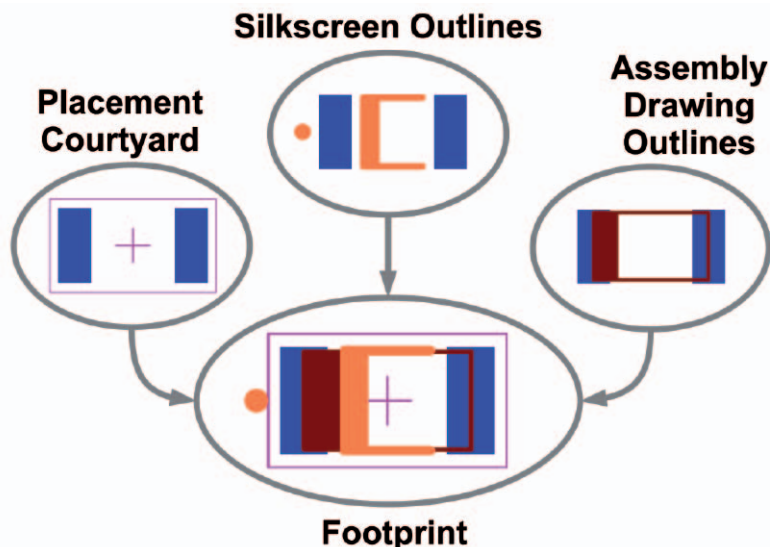
Kolejne standardy są zestawione w serie. Zapis IPC-2220 oznacza serię dokumentów. Nie istnieje publikacja o takiej nazwie! Ogólny opis standardu znajduje się w publikacji IPC-2221. W kolejnych publikacjach znajdują się normy szczegółowe.

Troszkę inaczej ma się sprawa z dokumentami dotyczącymi obudów. Tutaj także publikacja IPC-7x51 to główny dokument. Jednak dalsze numery norm nie oznaczają kolejnych publikacji! Numery te zostały wprowadzone tylko w celach klasyfikacyjnych. Wszystkie one są opisane w publikacji IPC-7x51.

Podsumowując, dobrze byłoby poznać przynajmniej następujące publikacje:

Ważniejsze, dla elektroników-projektantów, standardy IPC

Zastąpione:
 IPC-D-275: Design Standard for Rigid Printed Boards and Rigid Printed Board Assemblies
 IPC-SM-782: Surface Mount Design and Land Pattern Standard
 Seria IPC-2220:
 IPC-2221 Generic Standard on Printed Board Design
 IPC-2222 Rigid organic printed board structure design
 IPC-2223 Flexible printed board structure design
 IPC-2224 Organic, PC card format, printed board structure design
 IPC-2225 Organic, MCM-L, printed board structure design
 IPC-2226 High Density Interconnect (HDI) structure design
 IPC-2227 Organic board design using discrete wiring
 Seria IPC-7350:
 IPC-7351 Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard
 IPC-7352 – Discrete Components
 IPC-7353 – Gullwing Leaded Components, Two Sides
 IPC-7354 – J-Leaded Components, Two Sides
 IPC-7355 – Gullwing Leaded Components, Four Sides
 IPC-7356 – J-Leaded Components, Four Sides
 IPC-7357 – Post (DIP) Leads, Two Sides
 IPC-7358 – Area Array Components (BGA, FBGA, CGA)
 IPC-7359 – No Lead Components (QFN, SON, LCC)
 Seria IPC-7250 (szkic standardu):
 IPC-7251 Generic Requirements for Through-Hole Design and Land Pattern Standard
 IPC-7252 Discrete Components (Axial and Radial Leaded Components)
 IPC-7253 Dual-in-Line Package (DIP)
 IPC-7254 Three Leaded Semiconductor
 IPC-7255 Pin Grid Array
 IPC-7256 Unique Multiple Function Parts
 IPC-7257 Connectors and Headers
 IPC-7258 Single Inline Package (SIP) Resistor Networks
 IPC-7259 Mounting Hardware



Rys. 6. Warstwy, z jakich składa się footprint elementu (poza warstwami padów). Podgląd na przykładzie elementu DIOMELF3520N, wygenerowany przy pomocy programu PCB Matrix LP Viewer wersja 2009.20.0

- **IPC-2221A:** Ogólne standardy dotyczące płytek PCB,
- **IPC-2222:** Wymagania szczegółowe dotyczące sztywnych płyt PCB,
- **IPC-7351A:** Opis wymagań dotyczących footprintów PCB dla elementów SMD,
- **IPC-7251 (szkic):** Opis wymagań dotyczących footprintów PCB dla elementów THT.

Co określają standardy IPC

Dołączone narzędzie do przeglądania dokumentacji gotowych footprintów

Na samym początku normy IPC-7351 znajdziemy informację o tym, że jest ona uzupełniana przez program *IPC-7351 Land Pattern viewer*. Narzędzie to można pobrać ze strony www.PCBMatrix.com.

3 poziomy upakowania

Norma IPC-SM-782 definiowała dla każdego elementu pojedynczy, zalecany footprint. Zastępujący go standard IPC-7351 wprowadza trzy różne klasy footprintów dla każdego elementu. Klasy te różnie oznaczane, mają swoje przeznaczenie do różnego typu urządzeń. Ich znaczenie wyjaśnia odpowiednia ramka.

Klasa B (Nominal) sprawdza się znakomicie w większości projektów. Footprinty w tej klasie dają lutować się zarówno za pomocą fali lutowniczej, jak i metodą rozpliwową. Przy dysponowaniu minimum sprzętu, możliwy jest także ich bezproblemowy, ręczny montaż. Niemniej jednak przy wyborze klasy footprintów dla danego projektu, należy kierować się wskazaniem normy.

Należy zdawać sobie także sprawę, że zastosowanie większego poziomu gęstości wymaga dokładniejszego procesu produkcyjnego i zastosowanie najmniejszych footprintów może wiązać się z koniecznością szukania

firmy mającej odpowiednie zaplecze technologiczne.

Kształty elementów

To, co nas chyba najbardziej interesuje, czyli zdefiniowane normą kształty footprintów. Każdy footprint składa się z odpowiednio rozmieszczonych padów, które zostaną omówione w oddzielnym podrozdziale, oraz dodatkowych warstw przedstawionych na rys. 6.

Wszystkie elementy wyrównane są tak, że ich punkt odniesienia (punkt zerowy) znajduje się w centralnym punkcie obudowy.

Poniżej znajduje się opis używanych przez elementy warstw:

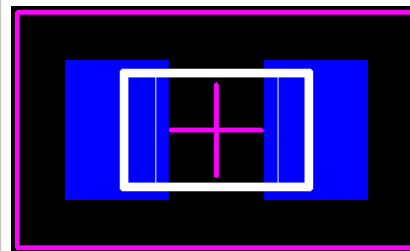
Placement Courtyard. W dosłownym tłumaczeniu: „dziedziniec lokowania”. Dziedziniec, czyli wyodrębniona wolna przestrzeń. W warstwie tej znajduje się obrys maksymalnej przestrzeni zajmowanej przez element. Żaden inny element nie powinien pokrywać się z obrysem innego elementu w tej warstwie. Obrys ten opracowany jest tak, aby elementy nie kolidowały ze sobą. Uwzględnia on także dokładność procesu produkcyjnego oraz możliwości automatów kładących elementy.

Standardowo w warstwie tej obrys wykonuje się linią o grubości 0,05 mm. Dla wygody umieszcza się także znak krzyża w centralnym punkcie elementu.

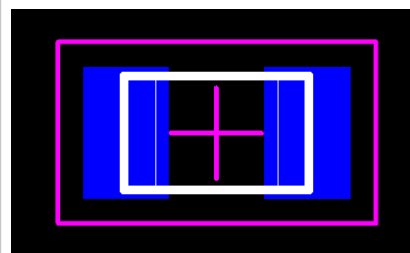
Silkscreen Outlines. Jest to warstwa opisu. W zasadzie ma znaczenie jedynie kosmetyczne i nie jest wymagana w procesie produkcyjnym. Warstwa opisowa jest jednak pomocna przy ręcznym montażu elementów.

Opis wykonujemy standardowo linią o grubości 0,2 mm. Ważne jest zachowanie minimalnego odstępu linii opisu od odkrytej warstwy miedzi. Wymagany odstęp jest zależny od wybranej wielkości footprintu – zostało to przedstawione w tab. 3.

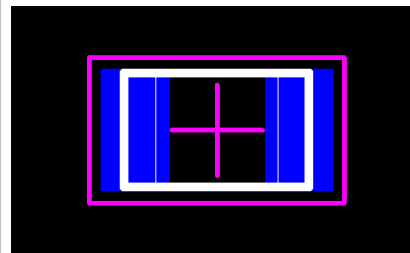
Poziomy gęstości, wykorzystane w normie IPC-7351 [10]



Poziom gęstości A – Maksymalna wielkość footprintu (Most, Maksimum): Poziom typowy dla aplikacji przenośnych/ręcznych, narażonych na duże wstrząsy i wibracje. Footprinty mają spory nadmiar miejsca, pady są duże. Oprócz większej wytrzymałości mechanicznej, sprawia to, że elementy mogą być łatwo przelutowane jeśli pojawi się taka konieczność.



Poziom gęstości B – Średnia wielkość footprintu (Nominal): Poziom właściwy dla projektów o średnim poziomie upakowania elementów, jednocześnie zapewniający mocne połączenia lutownicze.



Poziom gęstości C – Minimalna wielkość footprintu (Least): Poziom dla urządzeń miniaturowych. Footprinty posiadają najmniejsze pady lutownicze. Umożliwia to osiągnięcie największego upakowania elementów.

Ilustracje na podstawie elementu RESC2012X50, wygenerowanego przy pomocy programu PCB Matrix LP Viewer wersja 2009.20.0.

Ciekawą informacją jest fakt, że elektronika wysyłana w przestrzeń kosmiczną nie ma warstwy opisowej na płytach PCB ze względu na redukcję wagi gotowego urządzenia [1].

Assembly Drawing Outlines. Zawiera rysunek montażowy elementów. W tej warstwie opis powinien obejmować maksymalny obszar zajmowany przez rzeczywisty komponent. Inaczej niż w przypadku warstwy opisowej, w tym przypadku nie ma konieczności unikania odkrytych pól miedzi.

Rysunek generowany na podstawie warstwy montażowej jest dostarczany jedynie do zakładu zajmującego się montażem i nie jest w żaden sposób umieszczany na płytce drukowanej.

Przyzwyczajaliśmy się często, że „rysunek montażowy”, na przykład pojawiający się w artykułach publikowanych w *Elektronice Praktycznej*, przedstawia warstwę opisu elementów. Jednak wykorzystanie w tym celu warstwy montażowej, umożliwia wygenerowanie znacznie bardziej czytelnego i eleganckiego rysunku montażowego.

Orientacja elementów (obrót zerowy)

Norma **IPC-7350** wprowadziła jasno zdefiniowaną orientację elementów. Orientacja taka została określona w dokumentacji jako *Zero Orientation*. W czym jednak tkwi problem orientacji elementów? Sprawa jest istotna przy montażu automatycznym. Na podstawie projektu, generujemy plik dla automatu Pick&Place. Plik ten zawiera informacje o pozycji elementu (względem punktu odniesienia oraz centralnego punktu elementu) oraz jego obrocie. Obrót ten jest określony względem zorientowania elementu w bibliotece. Pozycja, w jakiej element został umieszczony w bibliotece, jest oznaczona jako kąt 0°.

Oczywiste jest, że nie posiadając żadnego standardu, element możemy zorientować na 4 różne sposoby. Ilustruje to **rys. 7**. Można się uprzeć, że element można zorientować pod dowolnym kątem. Jednak stosowanie w bibliotece elementów orientacji innej niż wielokrotność kąta prostego, to spora ekstrawagancja, która może być w przyszłości źródłem maszynowych problemów. W rzeczywistych bibliotekach spotkamy najczęściej dwie pierwsze sytuacje z **rys. 7**.

Problem z brakiem standardu orientacji jest taki, że informacja o obrocie elementu w pliku Pick&Place jest sama w sobie bezużyteczna. Konieczna jest ingerencja człowieka, który zobaczy, jak elementy zostały rzeczywiście zorientowane i na tej podstawie skoryguje dane zawarte w pliku. Dopiero teraz plik może być wykorzystany przez maszynę. Przy sporych projektach może być to praca dość żmudna, a do tego rośnie możliwość popełnienia błędów, na który jako projektanci nie mamy już wpływu. Rozwiązaniem jest jednak zastosowanie standardowej pozycji, w jakiej orientowane będą nasze elementy. W takim przypadku wygenerowany przez nas plik do automatu Pick&Place może być automatycznie skorygowany na potrzeby konkretnej maszyny.

Orientacja elementów według IPC-7x50, z podziałem na poszczególne grupy elementów, została opisana w dokumentacji dostępnej na stronie www.pcbmatrix.com [13]. Wszystkie zebrane tam tabelki dają sprowadzić się do prostych zasad:

- elementy dwuwyprowadzeniowe: Pin 1 po lewej stronie;



Rys. 7. Przykład możliwych orientacji elementu w bibliotece

- elementy z dwoma rzędami wyprowadzeń: Pin 1 po lewej, u góry;
- elementy z wyrodnieniami po czterech stronach:
 - posiadające pin pierwszy w rogu: Pin 1 po lewej, u góry;
 - posiadające pin pierwszy umieszczony centralnie: Pin 1 na środku, u góry.

Na szczególną uwagę zasługują w tym miejscu wszelkie diody. Osobiście przyzwyczaiłem się, że pin 1 jest anodą diody, a pin 2 jest jej katodą. Taki też miały format stare biblioteki programu Protel. Standard IPC-7350 definiuje jednak, że nóżka oznaczona numerem 1 jest katodą diody.

Kształty padów

Jak wspomniano wyżej, definicja footprintu elementu, składa się między innymi z padów. Kształt oraz rozmieszczenie padów należą prawdopodobnie do najważniejszych informacji o footprintie w chwili wykonywania projektu PCB. Normy IPC przewidują dwa typy padów: do montażu powierzchniowego oraz przewlekane:

Pady do montażu powierzchniowego.

Pady do montażu powierzchniowego mają bardzo prostą konstrukcję. W zasadzie składają się z trzech elementów: Top Pad; Solder Mask; Solder Paste.

Top Pad. Warstwa obszaru miedzi danego padu. W programie projektowym będzie to po prostu ta górna warstwa elektryczna.

Solder Mask. Warstwa maski lutowniczej. W bibliotece powinna pokrywać się ona 1:1 z warstwą obszaru miedzi samego padu. Domyślnie to producent płyt drukowanych zajmie się rozszerzeniem tej warstwy zależnie od wykorzystywanej technologii oraz wymagań projektowych. Jeśli projekt ma ustawioną minimalną odległość między ścieżkami na 0,3 mm, wtedy producent płytek może rozszerzyć odkryte warstwy miedzi bardziej, niż gdy reguła ta jest ustawiona na 0,1 mm.

Dawniej sztywną regułą było, że producent nie modyfikuje w żaden sposób otrzymanych plików wykonawczych. Jednakże dzisiaj producenci często dysponują bardziej zaawansowanymi narzędziami sprawdzania reguł projektowych niż sami projektanci. Można więc śmiało pozwolić producentowi na wprowadzenie odpowiedniej modyfikacji, zamiast próbować zgadywać, jakie są jego wymagania [1].

Solder Paste. Warstwa służąca do wykonania matrycy do nakładania pasty lutowniczej.

Tab. 3. Wymagany odstęp linii opisu od odsłoniętej warstwy miedzi zależnie od wybranej wielkości footprintu

Maximum	Nominal	Minimum
0,4 mm	0,3 mm	0,25 mm

Ważne jest, aby pokrywała się ona z kształtem padu zdefiniowanego w warstwie maski lutowniczej. Producent wykonuje odpowiednią matrycę z uwzględnieniem wykorzystanej technologii, tak aby zminimalizować końcowe błędy nakładania pasty. Jakielkolwiek modyfikacje przy pojedynczych elementach (na przykład BGA) mogą spowodować późniejsze problemy w czasie nakładania pasty lub lutowania.

Sprawa komplikuje się nieznacznie w przypadku dużych padów, z jakimi mamy do czynienia na przykład w przypadku obudów QFN lub QFP posiadających środkowe wyprowadzenie radiatora. Położenie pasty lutowniczej na całym obszarze padu radiatora może spowodować, że lutowany układ zostanie uniesiony przez roztopione lutowie. Przy takich padach, stosujemy zwykle redukcję powierzchni maski pasty lutowniczej. Ideę przedstawia **rys. 9**.

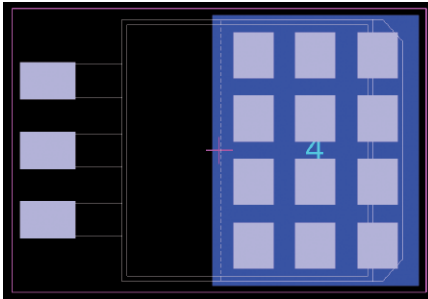
Pady do montażu przewlekane.

Pady do montażu przewlekane z racji posiadanej otworu wymagają znacznie bardziej skomplikowanego opisu. Pad lutowniczy do technologii przewlekanej składa się zwykle z następujących elementów:

- Top Solder Mask
- Top Pad
- Inner Layer Pad
- Plane Anti-pad
- Plane Thermal Relief
- Bottom Pad
- Bottom Solder Mask
- Drilled Hole

Top/Bottom/Inner Layer Pad. Warstwy obszaru miedzi padu, odpowiednio: górny/dolny/wewnętrzny (dotyczy płyt wielowarstwowych). Najczęściej, dany pad, we wszystkich warstwach miedzi ma ten sam kształt i wymiary. W przypadku warstw wewnętrznych, pad pojawia się w nich tylko jeśli posiada połączenie elektryczne ze ścieżką w danej warstwie sygnałowej. Średnica samego padu musi być odpowiednio większa niż średnica wierconego otworu. Minimalny wymiar pierścienia miedzi naokoło otworu, zależnie od klasy footprintu, przedstawia **tab. 4**.

Uwaga: Warstwy Top/Bottom jako widoczne na zewnątrz, są oznaczane czasem w opisach jako Mounted.



Rys. 8. Redukcja warstwy pasty lutowniczej w przypadku dużego padu2

Top/Bottom Solder Mask. Zasady opisane w przypadku padów SMT mają takie samo zastosowanie w przypadku warstwy maski lutowniczej do padów THT.

Plane Anti-pad. Plane Anti-pad to element opisu padu, z którym do czynienia mają osoby wykonujące płytki mające wewnętrzne płaszczyzny zasilania. Sprawa zaczyna mieć znaczenie dla płytek 3 i więcej warstwowych.

Rys. 8 pokazuje przekrój przez wewnętrzną płaszczyznę zasilania płytki wielowarstwowej. Jak widać pad, który nie ma połączenia z daną płaszczyzną zasilania, w płaszczyźnie tej w ogóle się nie pojawia. W przekroju widać jedynie warstwę metalizacji otworu.

Plane Anti-pad to parametr określający, jaka będzie średnica obszaru wolnego od miedzi w warstwie zasilania naokoło otworu danego padu. Niezależnie od kształtu punktu lutowniczego, anti-pad jest zawsze okrągły.

Rozmiar tego parametru to specyficzny kompromis. Anti-pad oznacza obszar wolny od miedzi w warstwie płaszczyzny zasilania/masy. Już sam ten fakt powoduje minimalne zwiększenie zakłóceń generowanych przez pracujące urządzenie. Jednak w przypadku wysokich częstotliwości pracy, kwestia minimalizowania pustych pól w płaszczyznach zasilania staje się jeszcze ważniejsza, co wyjaśnia odpowiednia ramka.

Z drugiej strony, dla producenta PCB im Anti-pad mniejszy, tym wymagana jest większa dokładność wiercenia otworów.

Minimalną wielkość odsłoniętego obszaru, podstawiła tab. 4. Należy jednak pamiętać, że określa ona minimalne odległości, jakie stosujemy w typowych urządzeniach. W typowych przypadkach tych wielkości nie należy niepotrzebnie zwiększać ponad wyznaczone minimum – upraszczając: im mniej miedzi zabieramy, tym lepiej. Jednak zupełnie oddzielnie należy rozpatrywać przypadki padów wysokonapięciowych, gdzie wymagane odstępy definiuje się na podstawie wymaganej wytrzymałości elektrycznej i są one określone w innych normach.

Plane Thermal Relief. Spójrz ponownie na rys. 8. Widać na nim typowy kształt „odciążenia termicznego”. Typowo, wymiar wewnętrzny jest równy średnicy opisanego wyżej Anti-pad. Wymiar wewnętrzny wynosi 80% wymiaru zewnętrznego. Mogą występować 2 lub 4 ścieżki

łącznie pad z powierzchnią zasilania. Szerokość ścieżek wynosi zwykle 1/4 średnicy zewnętrznej dla 4 ścieżek lub 1/3 dla 2. Preferowane jest rozwiązanie z 4 doprowadzeniami umieszczonymi pod kątem 45°.

Omawiany tutaj parametr dotyczy płaszczyzn zasilania i różni się nieznacznie od tego jak wygląda przyłączenie do płaszczyzny w warstwach zewnętrznych. Różnica polega głównie na tym, że w warstwach zewnętrznych wymiarem wewnętrznym „odciążenia” jest wymiar samego padu.

Parametr Thermal Relief oraz Anti-pad jest obsługiwany różnie w różnych programach.

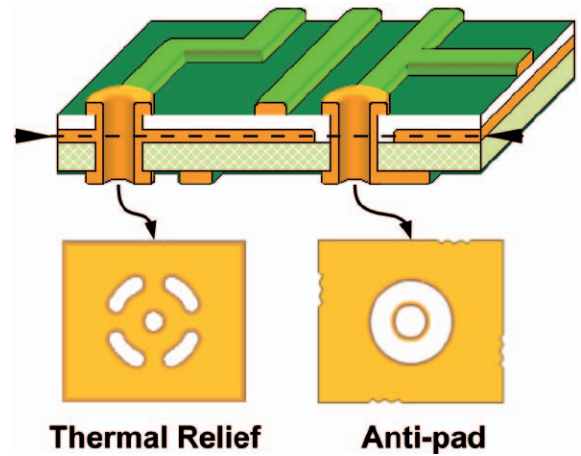
Przykładowo w programach Protel czy Altium Designer, definiujemy je dla wszystkich padów w regułach projektowych. Możemy uzyskać pewne rozróżnienie dla padów o różnych wielkościach, zapisując odpowiednio reguły warunkowe. Program Cadstar umożliwia zdefiniowanie tych parametrów zarówno globalnie, jak i specyfikację dla danego kształtu padu.

Drilled Hole. Wielkość otworu. Jako projektanci posługujemy się zwykle wielkością wykończonego otworu (FHS – Finished Hole Size). Warto jednak zdawać sobie sprawę z faktu, że wykonując płytę wielowarstwową, otwór jest wiercony większym wiertłem ze względu na późniejszą metalizację. Wielkość wierzonego otworu w takim przypadku jest zwykle o 0,1 mm większa od wielkości otworu wykończonego.

Uporządkowany system nazewnictwa

Normy IPC-7x51 definiują sposób nazywania elementów. Wypisanie wszystkich standardowych nazw zajęłoby dużą ilość miejsca. Dokładne opisy standardowych nazw można znaleźć w danych znajdujących się na stronie firmy PCBMatrix. Nazwa artykułu, który należy znaleźć, brzmi „IPC-7x51 Land Pattern Naming Convention” [13]. Opracowania na ten temat można zresztą znaleźć także w wielu innych materiałach.

Aby poprawnie interpretować nazwy, musimy zdawać sobie sprawę z faktu, że wszystkie wymiary podawane są w systemie metrycznym. Ma to swoje odwzorowanie w nazewnictwie obudów. Przykładowo, popularnie stosowane określenia na obudowy rezystorów SMD jako 0603, 0805, 1206, w bibliotekach



Rys. 9. Wygląd padów na jednej z płaszczyzn zasilania. Obrazek na podstawie ilustracji pochodzących z programu Altium Designer 2004

zgodnych z IPC mają będą określone jako 1608, 2012, 3216. Aby więc na początku sprawnie korzystać z nowego standardu nazewnictwa, proponuję wydrukowanie tab. 5, zawierającej zestawienie oznaczeń metrycznych z anglosaskimi.

Zwróć uwagę, że elementy 0603 i 0402 istnieją zarówno w mierze anglosaskiej, jak i metrycznej. Co prawda elementy o rozmiarze poniżej 0402 (oznaczenie anglosaskie), nawet jeśli są produkowane, to nie są dostępne jeszcze na rynku, jednak to pokrywanie się nazw może wprowadzić w przyszłości zamieszanie.

Zgodnie ze wspomnianym wyżej dokumentem [13], oznaczenie popularnego rezystora SMD (z angielskiego nazywany *Chip Resistor*, co wyjaśnia przyjęte oznaczenie) tworzy się następująco:

RESC + Body Length + Body Width X Height

Przykładowo, standardowe rezystory SMD0805 firmy YAEGO, miałyby footprint o oznaczeniu:

RESC2012X50

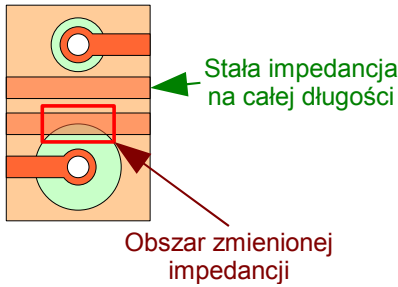
W przypadku wszystkich elementów typu kondensatory, rezystory, cewki, długość i szerokość są zapisane w formie dwóch cyfr, z dokładnością do jednego miejsca po przecinku i z zachowaniem zer nieznaczących. Wysokość zawsze podawana jest z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku, jednak nie zachowujemy zera nieznaczącego (wysokość 0,50 mm – 50; wysokość 1,2 mm – 120).

Minimalnie inne zasady zapisywania wymiarów dotyczą pozostałych elementów. Zobaczmy, na przykład, jak opisemy obudowę TQFP procesora ATmega8 firmy ATMEL:

Tab. 4. Minimalne parametry padów, według normy IPC7251

Parametr	Poziom gęstości			Komentarz
	A	B	C	
Współczynnik wielkości otworu	0,25	0,20	0,15	Wartość dodawana do maksymalnej średnicy wyprowadzenia elementu
Wielkość padu	0,50	0,35	0,30	Wartość dodawana do średnicy otworu
Anti-Pad	1,00	0,70	0,50	Wartość dodawana do średnicy otworu

Dlaczego minimalizować obszary wolne od międy w warstwie zasilania [1][7]



W przypadku projektowania obwodów pracujących z wysokimi częstotliwościami, większość połączeń musi traktowana być jako linie długie. W takim przypadku ważne staje się prowadzenie ścieżek o stałej i znanej impedancji. Impedancja taka daje się łatwo wyznaczyć w przypadku, jeśli ścieżka jest prowadzona tak, że całkowicie leży nad płaszczyzną odniesienia (masa albo płaszczyzna zasilania). W takim przypadku impedancja daje się policzyć jako funkcja grubości metalizacji, szerokości ścieżki oraz parametrów samego laminatu. Problem zaczyna się jednak, jeśli płaszczyzna odniesienia, nad którą umieszczona została ścieżka, nie jest ciągła. W takim miejscu impedancja linii przybiera inną wartość. W praktyce oznacza to powstawanie niepożądanych odbić sygnału, co może doprowadzić do nieprawidłowej pracy układu. Problem schematycznie ilustruje obrazek w ramce. W tej chwili staje się zrozumiałe, że zwiększanie obszaru anti-pad, co prawda ułatwia producentowi wykonanie płytki, jednak jednocześnie utrudnia projektowanie przebiegu ścieżek prowadzących sygnały o dużej częstotliwości.

TQFP + Pitch P + Lead Span L1 X Lead Span L2 Nominal X Height – Pin Qty

W pierwszej chwili wygląda to trochę strasznie, ale po nabraniu odpowiednich nawyków, posługiwanie się takimi ciągami staje się całkiem naturalne. Zobaczmy na rys. 10 pokazujący fragment dokumentacji procesora ATmega8, opisujący jego obudowę TQFP. Wypisany we wzorze nazwy *Pitch* oznacza „skok” (jak na przykład skok śruby; nie ma nic wspólnego ze „skakaniem”). Odpowiada on więc parametrowi

e naszej obudowy i wynosi 0,80 mm. Wszelkie skoki w nazwach zapisujemy jako dwie cyfry dziesiętne po przecinku. W tym przypadku **80**.

Lead Span to dystans między wyprowadzeniami. Odpowiada to więc parametrom **D** oraz **E**. Parametr ten zapisujemy z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Zapiszemy więc **900**. Gdyby obudowa nie była kwadratowa, najpierw piszemy zwykle mniejszy wymiar.

Ostatni parametr, czyli wysokość, w naszym przypadku jest ona oznaczona symbolem **A1** i wynosi 1 mm. Zapisujemy więc pełny symbol wybranej przez nas obudowy:

TQFP80P900X900X100-32

Zwracam uwagę, na pewien fakt, który ponownie wprowadza nieco zamieszania: wśród producentów przyjęło się opisywać rozmiary obudowy po rozmiarze jej „ciała”, przez co rozumiem plastikową część. Dla obudowy z **rys. 10** są to wymiary **E1** i **D1**. W samej dokumentacji mikrokontrolera ATmega8, obudowa ta została określona jako „32-lead, 7 x 7 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness...”. Jednak w nazwie obudowy według standardu IPC korzystamy z odległości między końcówkami wyprowadzeń, która ma większą wartość. Pamiętaj o tym aby nie wpaść w pułapkę poszukiwania odpowiedniej obudowy pod nieprawidłową nazwą.

Oprócz samego rdzenia nazwy, każdy footprint ma odpowiedni przyrostek oznaczający dla jakiej gęstości upakowania został przystosowany:

- **M**: Most Material Condition (Level A)
- **N**: Nominal Material Condition (Level B)
- **L**: Least Material Condition (Level C)

Tak więc, przykładowo pełna nazwa nominalnej obudowy naszego procesora będzie wyglądać następująco:

TQFP80P900X900X100-32N

Natomiast pełna nazwa naszego rezystora to:

RESC2012X50N

W nazewnictwie klas gęstości upakowania występuje pewna różnica dla elementów SMD (IPC7351) i elementów THD (IPC7251). W przypadku elementów THD stosuje się przyrostki A, B i C. I tak oznaczenie:

RESAD800W52L600D150B

Thermal relief – „odciążenie termiczne”. Do czego to służy?

W swojej praktyce współpracy z często młodymi projektantami, spotkałem się już wielokrotnie z niezrozumieniem sensu takiego podłączania padów do występujących płaszczyzn. Zdarzyło mi się już widzieć „zmuszanie” programu do zlania padu z powierzchni. Zwykle nie jest to dobry pomysł. Jedynie konieczność zapewnienia chłodzenia elementu uzasadnia takie działanie. Jednak zawsze utrudnia ono a czasem wręcz uniemożliwia prawidłowy montaż. Dla niektórych jest to sprawa oczywista. Znajdą się jednak na pewno młodzi czytelnicy, którzy chcieliby zobaczyć wyjaśnienie. Tak więc wprowadzenie odciążenia nie ma dużego znaczenia dla pracującego układu. Wręcz minimalnie pogarsza jego parametry. Jest ono wprowadzone praktycznie w celu ułatwienia montażu. Duża powierzchnia znakomicie odprowadza ciepło lutownicy/fali, uniemożliwiając prawidłowe nagrzanie wyprowadzenia elementu. Wprowadzenie termicznego oddzielenia padu od płaszczyzny umożliwia prawidłowy montaż bez konieczności nagrzewania całej, sporej powierzchni.

W praktyce szerokości „szpilek” łączących pad z powierzchnią mogą być dużo mniejsze niż wyliczone dla danych prądów. Szpilki te mają bardzo małą długość, podłączone są do dużych powierzchni, tak więc nie ma ryzyka ich nagrzewania się.

Jest to oznaczenie footprintu standardowego rezystora, o odstępnie między wyprowadzeniami równym 8 mm, średnicy wyprowadzeń 0,52 mm, długości samego ciała elementu 6 mm

Uwaga odnośnie wielkości padów według normy

Trzeba zdawać sobie koniecznie sprawę, że minimalne parametry padów zostały opracowane dla płyt przynajmniej dwuwarstwowych oraz z założeniem wykorzystania profesjonalnego sprzętu do montażu. Obliczmy przykładowo wymiary padu dla układu scalonego dla gęstości B: Zwykle szerokość wyprowadzenia układu to 0,6 mm. Oznacza to wielkość otworu 0,8 mm. Wielkość padu 1,15 mm. Ponieważ wielu czytelników posługuje się milami i tę wielkość „czuje”, zrobmy szybkie przeliczenie: wielkość otworu 32 mils, wielkość padu 45 mils. Nie ma absolutnie szans prawidłowo polutować takie pady lutownicą transformatorową. Minimum to średniej klasy stacja lutownicza ze stabilizacją temperatury. Inną sprawą jest, że pady takie zapewniają właściwe trzymanie elementu tylko dla płyt dwu i więcej warstwowych. Chodzi o konieczność występowania metalizacji wewnętrznych otworów. Dzięki temu cyna wpływa do wnętrza otworu. W prawidłowo wykonanym lutowaniu, cyna powinna spenetrować otwór przynajmniej do 3/4 głębokości. Pamiętajmy, że norma określa wielkości minimalne padów. Zachęcam do zajrzenia do wykonanych w formie arkusza kalkulacyjnego spisów zalecanych padów, dostępnych na stronie firmy PCB Matrix [12]. Proponowane pady są tam jednak minimalnie większe.

Tab. 5. Zestawienie oznaczeń anglosaskich oraz metrycznych rezystorów SMT

Oznaczenie calowe	Oznaczenie metryczne	Wymiar w calach	Wymiar w milimetrach	Typowa moc w watach
01005	0402	0,016" × 0,008"	0,400 mm × 0,200 mm	1/32
0201	0603	0,024" × 0,012"	0,600 mm × 0,300 mm	1/20
0402	1005	0,040" × 0,020"	1,000 mm × 0,500 mm	1/16
0603	1608	0,063" × 0,031"	1,600 mm × 0,800 mm	1/16
0805	2012	0,080" × 0,050"	2,000 mm × 1,250 mm	1/10 lub 1/8
1206	3216	0,126" × 0,063"	3,200 mm × 1,600 mm	1/4
1210	3225	0,126" × 0,100"	3,200 mm × 2,500 mm	1/2
1806	4516	0,177" × 0,063"	4,500 mm × 1,600 mm	1/2
1812	4532	0,180" × 0,120"	4,500 mm × 3,200 mm	1/2
2010	5025	0,200" × 0,100"	5,000 mm × 2,500 mm	1/2
2512	6332	0,250" × 0,120"	6,350 mm × 3,200 mm	1

i średnicy 1,5 mm. Przyrostek B oznacza footprint w klasie B – Nominalnej.

Sam sposób tworzenia nazw powinien być już zrozumiały. Po dokładne informacje dotyczące poszczególnych rodzin footprintów odsyłam ponownie do dokumentacji [13]. Jej opanowanie wymaga kilku chwil, ale nie należy do skomplikowanych. Dokumentacja zawiera także definicje footprintów o różnych nietypowych parametrach (brakujące niektóre piny, odwrotna numeracja...). Oznaczenia te będą stosowane raczej tylko w specyficznych sytuacjach.

Radosław Koppel
www.k-el.pl

Literatura:

[1] Tom Hausherr. „The CAD Library of the Future” PCBMatrix 28 Feb. 2006

www.pcbmatrix.com.

[2] Peter Brownlee „Tracking the story of the PCB – part one”, 9 Mar. 2007

www.electroline.com.

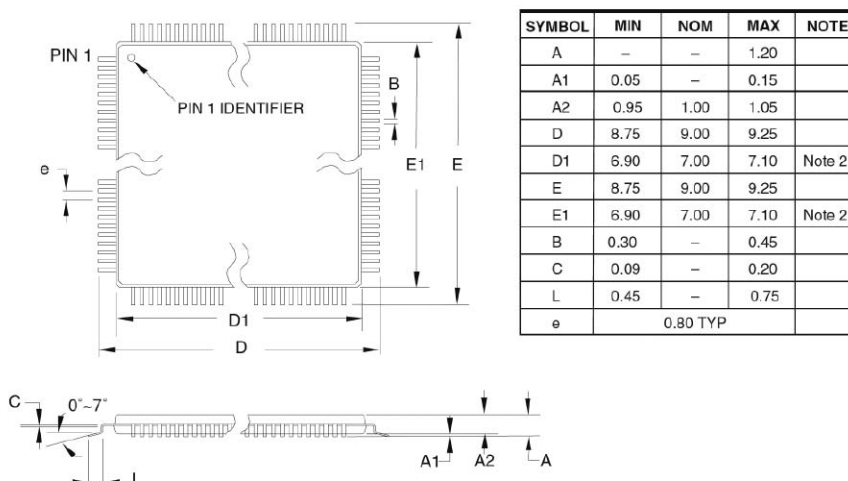
[3] Peter Brownlee. „Tracking the story of the PCB – part 2”, 10 Apr. 2007

www.electroline.com.

[4] Ford, David; Chris Cavette. „Printed Circuit Board.” How Products Are Made. Gale Research Inc. 1996. Encyclopedia.com. 8 Dec. 2009 www.encyclopedia.com.

[5] Jan Norwicz, Wojciech Sokolski.

„Anglosaski system jednostek miar we



Rys. 10. Dane obudowy TQFP32 z dokumentacji procesora ATmega8

współczesnym świecie” Energetyka, maj 2004, www.elektroenergetyka.pl.

[6] Gary P. Carver „A Capsule History of the Metric System” National Institute of Standards and Technology

www.pcbmatrix.com.

[7] Tom Hausherr. „The Universal PCB Design Grid System” PCBMatrix

www.pcbmatrix.com.

[8] „About IPC” www.ipc.com.

[9] „IPC Publications Catalog”

www.ipc.org/onlinestore.

[10] „IPC Land Pattern Generation Leaps Forward” IPC Review, Jan. 2005

www.landpatterns.ipc.org.

[11] „What’s New in Altium Designer 6.3” Article AR0138 (v1.0) Jun 20, 2006

www.altium.com.

[12] „IPC-7251 Padstack Charts”

www.pcbmatrix.com.

[13] (Zbiorcze opracowanie PCB Matrix, bez nazwisk)

„IPC-7x51 Land Pattern Naming

Convention” PCBMatrix 19 Nov. 2009

www.pcbmatrix.com.

R E K L A M

TERMOCZUŁE ZNACZNIKI TEMPERATURY



Termoczule znaczniki tempertury CelsiStrip i CelsiPoint służą do rejestracji maksymalnej osiągniętej temperatury pracy w krytycznych elementach badanego układu np.:

- układy scalone, silniki, łożyska, akumulatory.

W zależności od wersji zawierają jedno lub kilka pól kontrolnych, zaczerniających się po przekroczeniu temperatury progowej.

Naklejki CelsiPoint i CelsiStrip są dostępne w wersjach o 40 temperaturach progowych z zakresu od +40°C do +260°C.

Dokładność pomiaru wynosi ±1,5%.

www.celsi.com



ul. Zwoleńska 43/43a, 04 - 761 Warszawa
tel. 022 615 73 71, 022 615 64 31
info@semicon.com.pl, www.semicon.com.pl

NOWOŚCI! NOWOŚCI! NOWOŚCI!