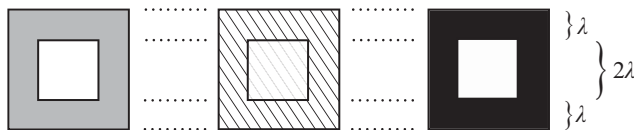


Rysunek 7.46. Reguły dla tranzystora

Musimy również rozważyć połączenia między warstwami. Jeśli mamy połączyć metalową ścieżkę z inną ścieżką, musimy być pewni, że kontakt jest dobry (styk ma zazwyczaj kształt kwadratowy). Aby to zapewnić, nie tylko umieszczamy metal w kontakcie ze ścieżką, jedną warstwę na drugiej, ale także co najmniej w odległości λ od substancji ścieżki otaczającej kontakt, aby zapobiec przeciekaniu metalu do otoczenia. Dotyczy to zarówno łączenia ze ścieżkami polikrzemowymi, dyfuzyjnymi, jak i metalowymi (rysunek 7.47):



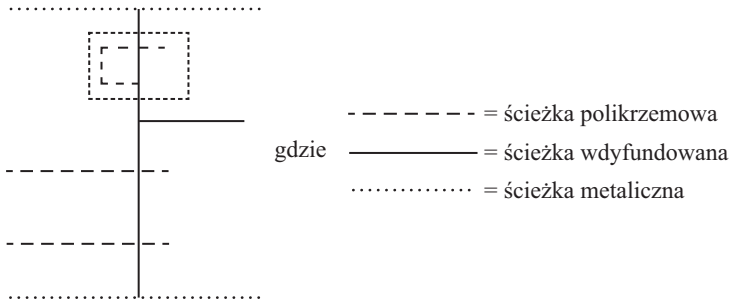
Rysunek 7.47. Reguły dotyczące styków

7.3.2. Projekt obwodu i tranzystory przepustowe

Aby faktycznie zbudować konkretny obwód, powinniśmy zaprojektować wszystkie niezbędne maski (zazwyczaj bardzo złożone) i wysłać je do producenta. Producent użyłby ich w procesie produkcji, który opisaliśmy, aby dostarczyć nam nasz produkt. Istnieje standardowa metoda heurystyczna rysowania obwodów, która mówi nam o topologii układu, ale nie o jego geometrii – to znaczy mówi nam, z czego są zrobione ścieżki i co jest gdzie podłączone, ale nie informuje nas o skali, tj. o odpowiednich szerokościach ścieżek i tak dalej. Przykładowy schemat (tzw. „stick figure”⁽¹¹⁾ – postać linowa) bramki NAND jest pokazany na rysunku 7.48 (na którym są też pokazane zwyczajowe rodzaje linii stosowane na oznaczenie każdego typu ścieżki).

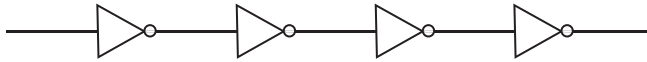
To mówi nam o wszystkich ważnych połączeniach w obwodzie, ale gdybyśmy mieli faktycznie prześledzić końcowy produkt fizyczny, rzeczywista skala poszczególnych części mogłaby być zupełnie inna. To ostatnie nie musi nas tutaj martwić

⁽¹¹⁾ Dosłownie „zapalczany ludzik” (przyp. tłum.).



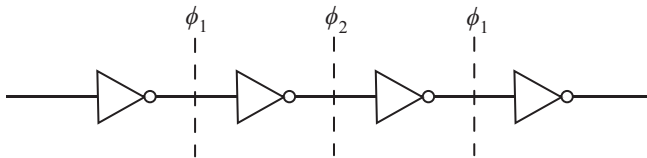
Rysunek 7.48. „Postać liniowa” bramki NAND

i w dalszej części, gdy będziemy chcieli przyjrzeć się konkretnym układom, przyjmiemy schemat w postaci linii. Aby jeszcze bardziej uprościć sprawę, możemy czasami zastosować uproszczenie „pół na pół”, w którym przedstawiamy podukłady w układzie scalonym za pomocą czarnych skrzynek (jest to dość powszechna procedura). Na przykład, gdybyśmy mieli prosty łańcuch inwerterów, zamiast rysować w kółko całe tranzystory, łatwiej byłoby użyć schematu z rysunku 7.49, gdzie trójkąty są konwencjonalnymi symbolami inwerterów, a postać liniowa jest taka, jak na rysunku 7.48.



Rysunek 7.49. Uproszczony schemat połączeń dla łańcucha inwerterów

Popularnym typem obwodu jest rejestr przesuwny. Przedstawiamy go na rysunku 7.50 jako podwójnie taktowany łańcuch inwerterów, poprzecinany ścieżkami z polikrzemem.



Rysunek 7.50. Rejestr przesuwny

Dwa (komplementarne) impulsy zegarowe są przesyłane liniami polikrzemowymi, a tam, gdzie przecinają one linię dyfuzyjną, tworzą tak zwany *tranzystor przepustowy*, który umożliwia przepływ prądu ze źródła do drenu (czyli z lewej do prawej na tym rysunku) tylko wtedy, gdy bramka jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia. Dzieje się tak zawsze, gdy włączony jest impuls zegarowy do linii polikrzemowej. Przy następnym impulsie kolejny inwerter w łańcuchu przełącza się