
11. Zasady projektowania komórek standardowych

11.1. Projektowanie komórek standardowych

Formę komórki standardowej powinny mieć wszystkie projekty od inwertera do przerzutnika T, z wyjątkiem oscylatorów pierścieniowych.

1. Tranzystory można rysować zawsze w parach: 1 PMOS na górze, 1 NMOS na dole. Jednak wyższą ocenę projektu można uzyskać przez lepsze rozplanowanie tranzystorów.
2. Polikrzem bramki powinien przebiegać po linii prostej nad tranzystorami oraz w odległości od nich równej minimalnej, na jaką polikrzem powinien wystawać poza dyfuzję (reguła r305 – patrz skrypt [6]). Powyższa zasada jest wymaganiem programu Microwind dla poprawnej ekstrakcji parametrów tranzystorów. Rysunek 12-7 w skrypcie pokazuje, że komórka może być mniejsza, jeżeli bramka jest załamana.
3. Poza tranzystorami kształt ścieżki polikrzemowej może być dowolny, dzięki czemu komórka może osiągnąć mniejsze rozmiary.
4. Wszystkie komórki muszą mieć tę samą wysokość. Górna i dolna granica komórki jest wyznaczona przez brzegi szyn zasilających VDD i VSS.
5. Wysokość komórki powinna być tak dobrana, aby zmieścić tranzystory i połączenia wewnątrzkomórkowe dla najbardziej złożonej komórki – w przypadku laboratorium będzie to przerzutnik D z zerowaniem i przerzutnik T. Wstępne pojęcie o rozmiarach tego układu daje rysunek. 35.
6. Szerokość komórki powinna być najmniejsza pozwalająca na zmieszczenie wszystkich jej elementów składowych przy zachowaniu reguł projektowania. Lewa i prawa granica komórki jest wyznaczona przez krańce szyn zasilających VDD i VSS.

7. Komórki są łączone ze sobą na jeden z dwóch sposobów:
 - a) zetknięcie w poziomie, tworząc rzędy, przy czym jedna lub obie komórki mogą być odbite względem linii pionowej;
 - b) zetknięcie w pionie, jako składniki dwóch sąsiednich rzędów, przy czym jedna z komórek musi być wówczas odbita względem linii poziomej (VDD lub VSS jednej z komórek łączymy z VDD drugiej) oraz jedna lub obie mogą być odbite względem linii pionowej.Biorąc pod uwagę przypadek a), szyny zasilania i studnie obu komórek na ich granicy powinny być idealnie dopasowane. Położenie szyn zasilania i studni powinno być utrzymane przez całą szerokość komórki. W celu minimalizacji rozmiarów komórki, wysokość studni może być wewnątrz komórki zwiększona lub zmniejszona, jednak należy wówczas zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie zachowania reguł projektowania przy składaniu komórek (reguły r101, r102, r203, r204). Biorąc pod uwagę przypadek b), przebieg szyn zasilania i studni powinien zapewnić ich połączenie na całej szerokości granicy komórek.
8. Szyny zasilające prowadzić należy metalem 1. Ich wysokość powinna uwzględniać fakt zasilania dużej liczby komórek.
9. Na całej szerokości komórki na szynie zasilania powinny się znajdować kontakty polaryzujące odpowiednio podłoże lub studnię. Skrajne kontakty powinny znajdować się jak najbliżej skraju komórki. Odległość kontaktów od zewnętrznego i bocznych skrajów komórki powinna gwarantować zachowanie reguł projektowania przy składaniu komórek w poziomie lub pionie (r202).
10. Wszystkie ścieżki metali (oprócz realizujących połączenia komórki z innymi komórkami, w tym szyn zasilania), ścieżki polikrzemu oraz dyfuzje N⁺ i P⁺ muszą znajdować się w odpowiedniej odległości od lewego i prawego skraju komórki, aby przy składaniu komórek w poziomie nie naruszyć reguł projektowania (r202, r302, r502, r702).
11. Studnia powinna wykraczać poza szynę zasilania z lewej strony, z prawej strony oraz na zewnątrz na minimalną odległość, na jaką studnia powinna wykraczać poza znajdującą się w niej dyfuzję (reguła r203), pomniejszoną o odległość, o jaką metal szyn zasilania wykracza poza dyfuzję skrajnego kontaktu (zasada 7).
12. Każde wejście i każde wyjście komórki powinno posiadać kontakt do metalu 2. Do tego punktu zostanie przyłączona ścieżka metalu 2 lub 3 łącząca komórkę z inną (innymi).
13. Połączenia wewnątrz komórki wykonujemy przede wszystkim metalem 1. Jeżeli zachodzi konieczność skrzyżowania dwóch ścieżek metalicznych, to na jednej z nich należy zrobić mostek metalem 2 (jak najkrótszy, bo metal ten zasadniczo jest przeznaczony do prowadzenia w pionie

połączeń na zewnątrz komórki); w ostateczności mostek można wykonać z metalu 3. Sygnały dołączane do bramek można również prowadzić polikrzemem, szczególnie jeżeli pozwala to na wyeliminowanie dodatkowych kontaktów.

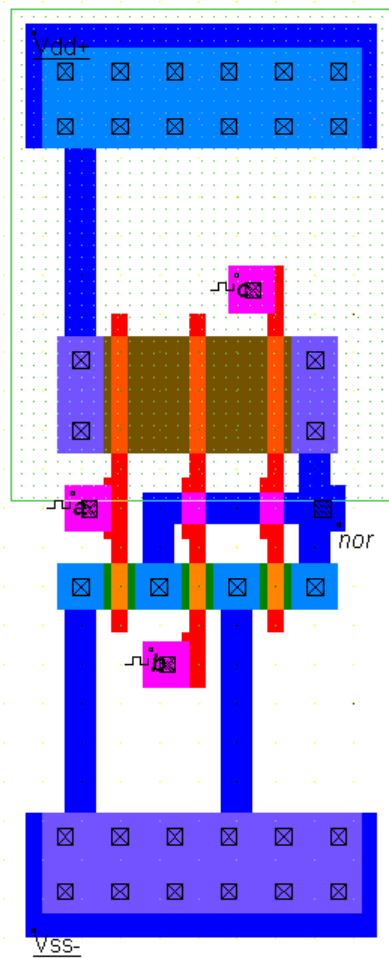
14. Dla zapewnienia jak najlepszych warunków polaryzacji, sygnały do źródeł i drenów tranzystorów doprowadza się za pośrednictwem maksymalnej liczby kontaktów mieszczących się na obszarze dyfuzji; metal powinien ciągnąć się nieprzerwanie od pierwszego do ostatniego kontaktu.
15. Szerokość polikrzemu w tranzystorach powinna odpowiadać optymalnej (czyli minimalnej) długości kanału. Poza tranzystorami, począwszy od minimalnej odległości, na jaką polikrzem powinien wystawać poza dyfuzję (reguła r305), ścieżki polikrzemu mogą być poszerzone do $3-4 \lambda$, co pozwala zmniejszyć ich rezystancję.

11.2. Łączenie komórek standardowych

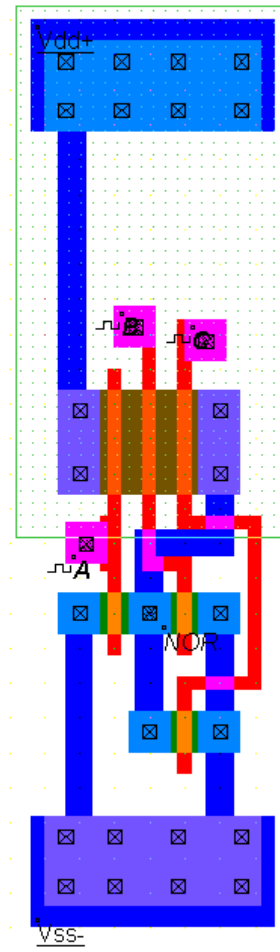
Licznik powinien być układem złożonym z odpowiedniej liczby komórek standardowych. Poszczególne komórki standardowe należy rozmieścić tak, aby uzyskać minimalne długości połączeń między nimi oraz kształt całego układu jak najbardziej zbliżony do kwadratu.

Połączenia między kontaktami wejścia/wyjścia poszczególnych komórek standardowych należy wykonać prowadząc ścieżki nad komórkami (*routing over the cells*). W pionie należy stosować metal 2, zaś w poziomie metal 3. Na krótkich odcinkach (porównywalnych z rozmiarami kontaktów) dopuszczalne są odstępstwa od tej reguły.

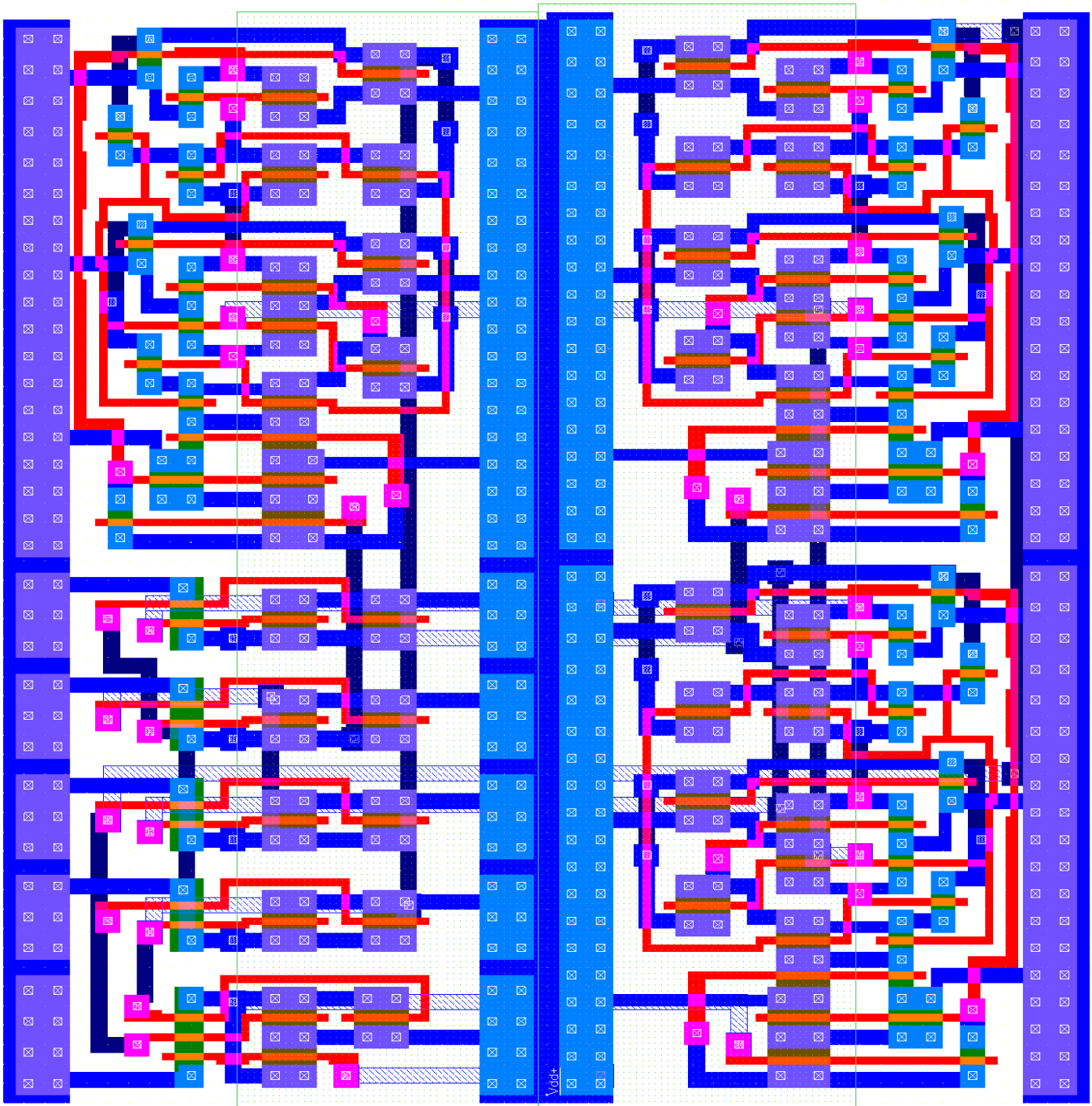
11.3. Przykłady poprawnie zaprojektowanych układów



Rys. 33. Trzywejściowa bramka NOR z tranzystorami ułożonymi parami jeden pod drugim.



Rys. 34. Trzywejściowa bramka NOR o zoptymalizowanej szerokości.



Rys. 35. Licznik 3-bitowy zliczający w pętli od 0 do 6, złożony z komórek standardowych (począwszy od górnego lewego rogu; niniejszą stronę należy obrócić o 90° zgodnie z ruchem wskazówek zegara): 1 trzywejściowej bramki NAND, 4 dwuwejściowych bramek NAND i 3 przerzutników T.

12. Program Microwind – często spotykane problemy

12.1. O czym należy pamiętać

- Zawsze po uruchomieniu programu wybrać odpowiednią technologię.
- Zawsze przy pierwszej symulacji zmniejszyć 10-krotnie krok symulacji.
- Funkcja *Undo* cofa wyłącznie jedną ostatnią operację.

12.2. Rozwiązania najczęściej występujących problemów

Problem	Rozwiązanie
Wstawiane są kontakty o dziwnych rozmiarach.	Nie została wybrana technologia. Należy wybrać technologię, a kontakt skasować i wstawić jeszcze raz.
W oknie symulacji nie wyświetla się przebieg, chociaż w odpowiednim punkcie układu został umieszczony punkt obserwacyjny.	Warstwa, na której umieszczono punkt, jest elektrycznie zwarta z inną, która ma już nadaną nazwę poprzez sygnał zegarowy, inny punkt obserwacyjny lub zasilanie (Vdd, Vss). Ponieważ oba przebiegi są de facto tym samym przebiegiem, w oknie symulacji wykreślony będzie tylko jeden z nich (lub żaden jeżeli punkt jest zwarty z Vdd lub Vss).

Problem	Rozwiązanie
Nie są wyświetlane czasy narastania i opadania.	Należy sprawdzić, czy poprawnie zostały określone sygnały: wejściowy (<i>between</i>) i wyjściowy (<i>and</i>) oraz zaznaczona opcja <i>Display/Delay</i> . Jeżeli tak, to należy zmniejszyć krok symulacji. Jeżeli to nie pomaga, kliknąć kilka razy <i>More</i> . W ostateczności można zmniejszyć stromość sygnałów zegarowych lub obciążyć wyjście układu inwerterem.
Mierzone przez program czasy opóźnień są różne w kolejnych okresach pracy.	Kliknąć <i>More</i> tak, aby odczytać opóźnienie po kilkunastu okresach. Jeżeli czasy nadal się zmieniają, zmniejszyć krok symulacji.
Przebiegi napięć mają nieregularne kształty, obserwowane są na nich krótkie szpilki.	Zmniejszyć krok symulacji.
Czasy mierzone w domu i na zajęciach różnią się.	Upewnić się, że w obu przypadkach wykorzystywany jest ten sam plik z opisem technologii oraz czy wybrany jest taki sam krok symulacji
Układ działa poprawnie, ale napięcie w jakimś punkcie układu nie osiąga nigdy górnej kreski.	Sprawdzić, czy napięcie zasilania doprowadzone do układu to napięcie rdzenia („niebieskie”) a nie peryferyjne („czerwone”). Analogicznie sprawdzić amplitudy sygnałów zegarowych. Sprawdzić, czy napięcie zasilania jest odpowiednio doprowadzone do dyfuzji P ⁺ i do studni. W niektórych układach jest to wynik prawidłowy.