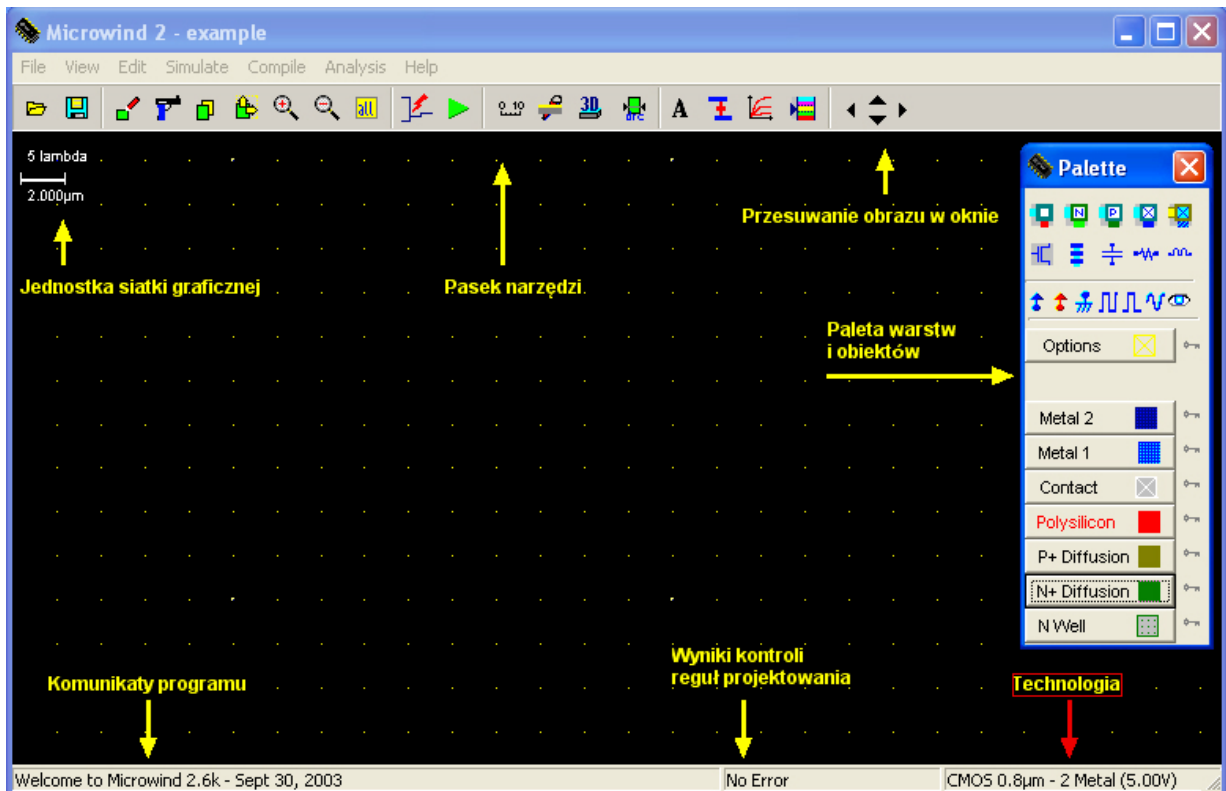
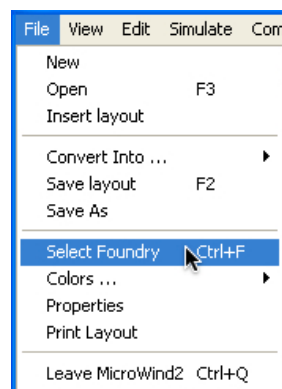


Projektujemy tranzystory MOS

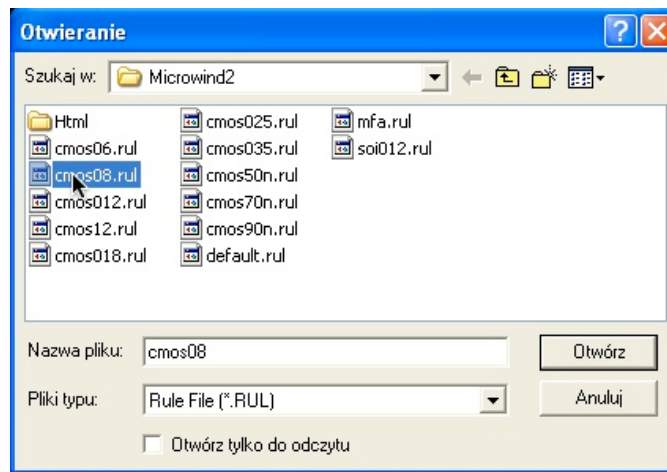
Uruchom program "Microwind2". Zobaczysz okno jak niżej. Na ilustracji kolorem żółtym opisano najważniejsze widoczne obiekty.



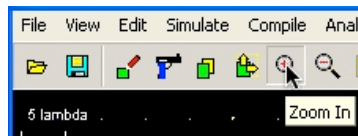
Będziemy wykorzystywać prostą technologię CMOS z minimalną długością bramki 0,8 mikrometra. W prawym dolnym rogu widnieje nazwa wczytanej przez program technologii. Przed rozpoczęciem projektowania zawsze sprawdź, czy jest to technologia CMOS 0.8 μm . Jeśli nie, trzeba najpierw wczytać odpowiedni plik technologiczny.



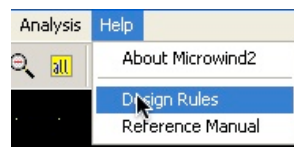
Z menu "File" wybierz "Select Foundry". Otrzymasz na ekranie typowe okno wyboru plików. Otwórz plik „cmos08.rul”.



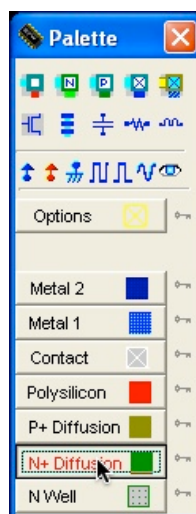
Dla wygody rysowania zmień skalę w oknie wybierając z paska narzędzi ikonę powiększenia.



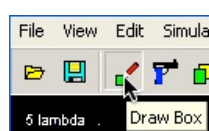
Zapoznaj się z najważniejszymi regułami projektowania - wybierz „Design Rules” z menu „Help”. Otrzymasz na ekranie tabelę z podstawowymi regułami projektowania. Są w niej też inne dane, na razie nieistotne.



Zaczynasz teraz rysowanie n-kanalowego tranzystora MOS. Wybierz z palety „N+ diffusion”. Jest to warstwa abstrakcyjna oznaczająca obszar aktywny typu *n*. Nazwa warstwy, która jest w danej chwili wybrana, jest w palecie oznaczona kolorem czerwonym. Warstwa nazywa się „diffusion” z przyczyn historycznych – niegdyś domieszkowanie obszarów aktywnych odbywało się przy zastosowaniu dyfuzji, a nie implantacji jonów (nie pamiętasz, co to – zajrzyj do części I, punkt 4.1).

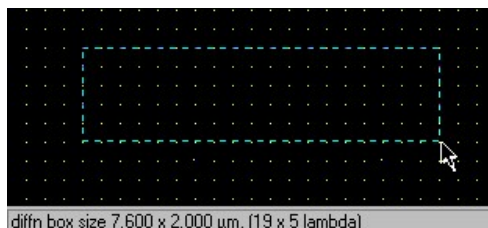


Narysuj teraz prostokąt na warstwie „N+ diffusion”. Wybierz ikonę rysowania prostokąta z paska narzędzi.

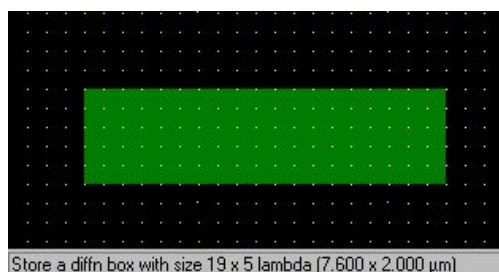


Ustaw kursor w pobliżu wybranego węzła siatki, naciśnij lewy klawisz myszki i ciągnij aż do otrzymania prostokąta o potrzebnych wymiarach, następnie puść klawisz.

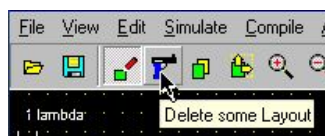
Prostokąt o krawędziach zaznaczonych przerywaną kreską, który pokazuje prostokąt do narysowania, będziemy nazywali selektorem.



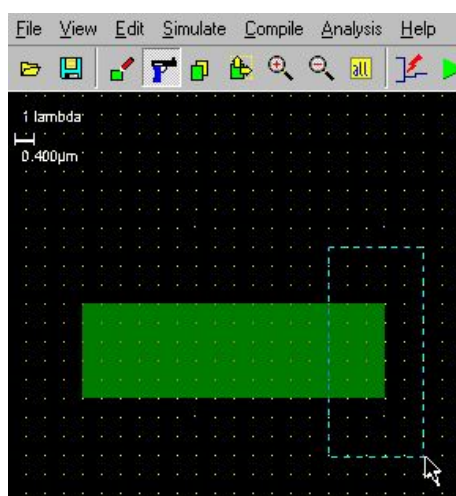
Zauważ, że nawet jeśli nie trafiasz dokładnie w węzły siatki, narysowany będzie prostokąt o wymiarach będących całkowitą wielokrotnością jednostki lambda. Staraj się narysować prostokąt o szerokości 5 lambda i długości zbliżonej do pokazanej na ilustracji. Jeśli Ci się nie uda, możesz wybrać „Undo” z menu „Edit” i zacząć jeszcze raz. Po puszczeniu klawisza myszki selektor „wypełni się” obszarem na warstwie „N+ diffusion”.



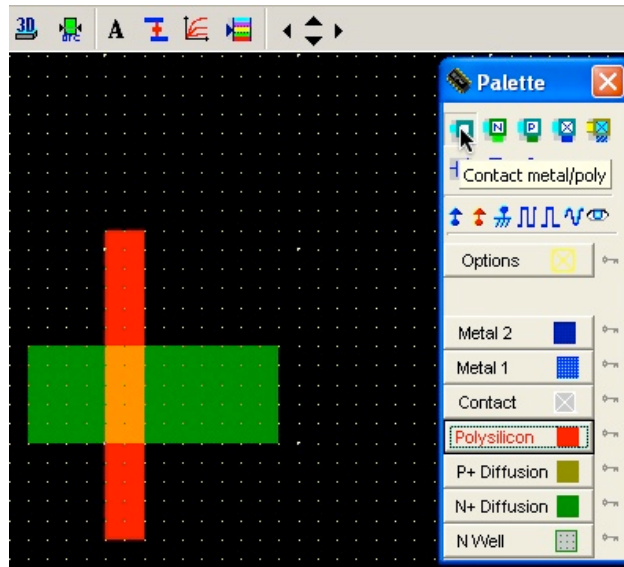
Jeśli narysujesz prostokąt zbyt długi lub szeroki, możesz usunąć jego fragment. Wybierz ikonę usuwania (pistolet) z paska narzędzi.



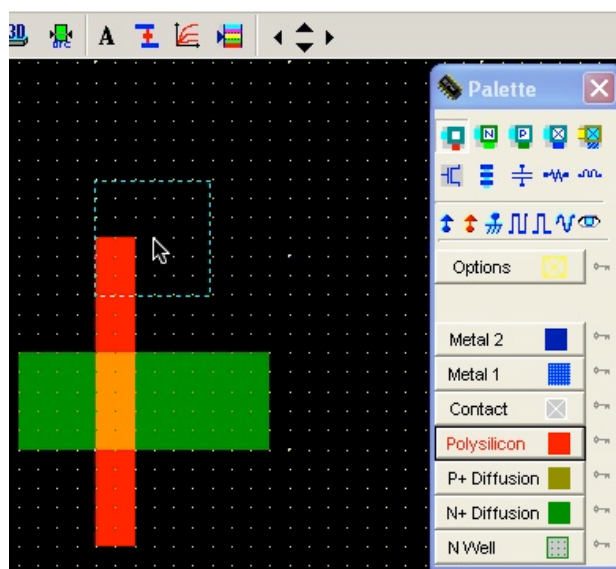
Następnie postępuj tak jak przy rysowaniu. Gdy puścisz klawisz myszki, wnętrze selektora zostanie wymazane.



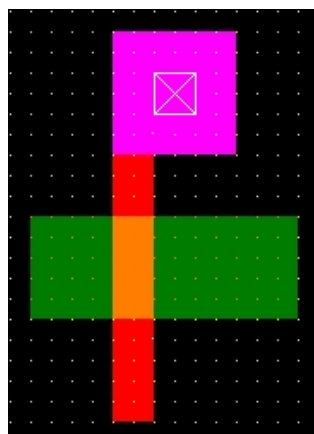
Narysuj teraz prostokąt na warstwie „Polysilicon” (polikrzem), a potem dorysuj do niego kontakt do warstwy „Metal 1”. Wybierz ikonę rysowania prostokąta z paska narzędzi. Następnie wybierz „Polysilicon” z palety i narysuj pionowy pasek polikrzemu o szerokości 2 lambda przecinający obszar aktywny. Następnie wybierz z palety obiekt „Contact metal/poly”.



Kontakt jest obiektem zdefiniowanym w pliku technologicznym, ma wymagany kształt kwadratu i zawiera wszystkie potrzebne warstwy: polikrzem, okno kontaktowe i metal 1. Ciągnąc myszką kwadrat selektora umieść kontakt tak jak na ilustracji i puść klawisz myszki.

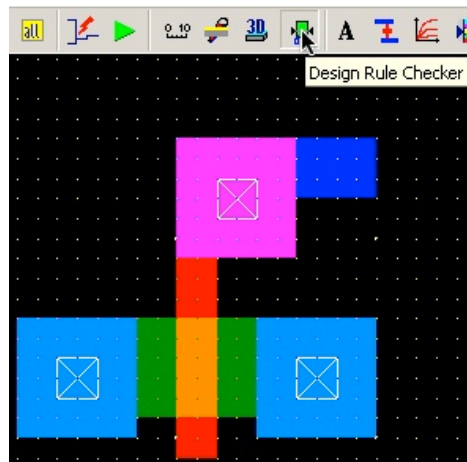


Oto wynik tej operacji:



Projektuj dalej tranzystor.

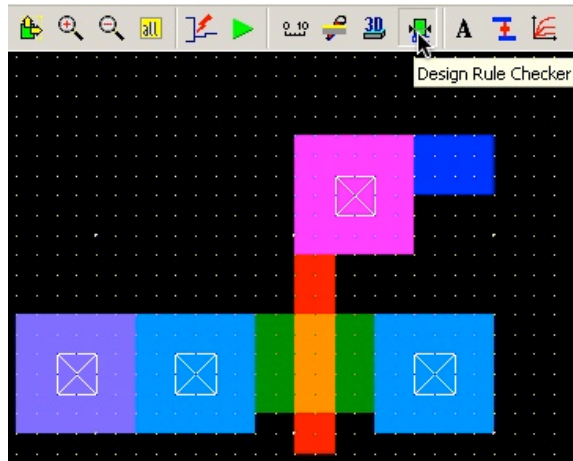
Postępując tak, jak poprzednio, dodaj kontakty do obszaru aktywnego (czyli źródła i drenu tranzystora) oraz pasek metalu 1 do kontaktu bramki. Pasek polikrzemu możesz skrócić. Wystarczy, że wystaje o 2 lambda poza obszar kanału tranzystora. Następnie wybierz z paska narzędzi ikonę kontroli reguł projektowania. Jeśli wykonany projekt topografii wygląda tak, jak poniżej, otrzymasz komunikat o braku błędów.



Twój tranzystor jest w zasadzie gotowy, ale trzeba jeszcze coś dodać. W układach CMOS podłoże musi być dokładnie uziemione (dlaczego? - to było opisane w części I). Aby móc uziemić podłoże, trzeba wykonać do niego kontakt. Podłoże jest półprzewodnikiem typu p , należy użyć kontaktu między metalem, a obszarem typu p . Wybierz z palety obiekt „Contact P+diff/Metal1” i postępując tak, jak przy umieszczaniu poprzednich kontaktów, umieść kontakt tak, by sąsiedował z obszarem źródła tranzystora.

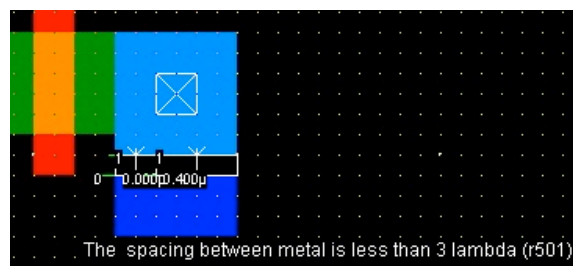


Obiekt „Kontakt” zawiera wszystkie potrzebne warstwy, w tym warstwę metalu 1. Umieszczenie go tak, by sąsiedował z obszarem źródła tranzystora, oznacza że w gotowym układzie źródło będzie elektrycznie połączone z kontaktem, a ponieważ kontakt będzie uziemiony, tj. połączony z „minusem” zasilania, to uziemione będzie też źródło tranzystora. Oczywiście nie zawsze tak musi być, w układzie zawierającym wiele tranzystorów nMOS tylko niektóre będą miały źródła połączone z minusem zasilania. Ale w każdym układzie musi być przynajmniej jeden uziemiony kontakt do podłoża; w każdym większym układzie takich kontaktów musi być wiele.



Jeśli wszystko zostało wykonane poprawnie, twój tranzystor wraz z kontaktem do podłoża powinien wyglądać jak powyżej. Wykonaj jeszcze raz kontrolę reguł projektowania. Powinien ukazać się kontakt o braku błędów.

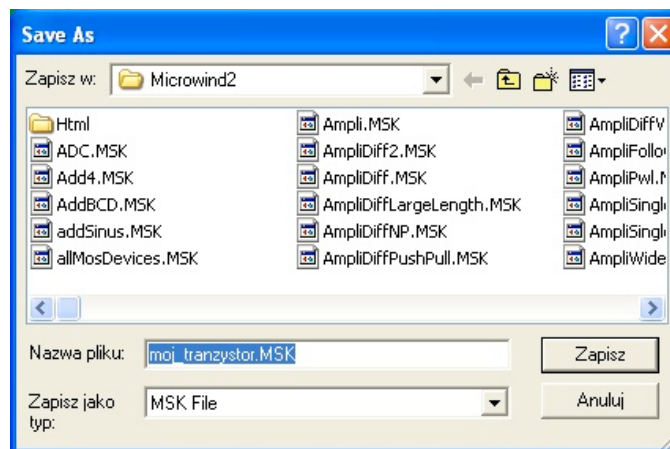
Teraz zobacz, co się stanie, jeśli w projekcie będzie błąd. Dorysuj pasek metalu 1 w odległości 1 lambda od innego obszaru metalu 1, a następnie wybierz z paska narzędzi ikonę kontroli reguł projektowania. Poniżej widzisz wynik: komunikat o błędzie.



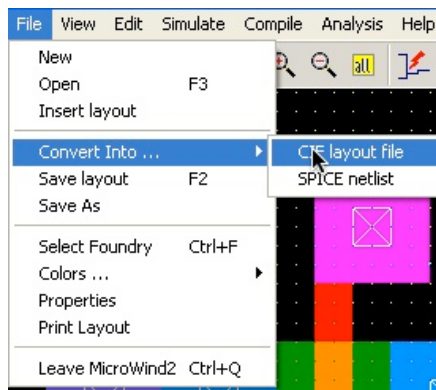
Przed dalszymi czynnościami usuń dorysowany pasek tak, aby pozostał prawidłowy projekt.

Jeśli wszystko jest w porządku, zapisz swój pierwszy projekt na dysku. Może się jeszcze przydać!

Wybierz „Save As” z menu „File” i zapisz projekt pod nową nazwą, np. "moj_tranzystor".

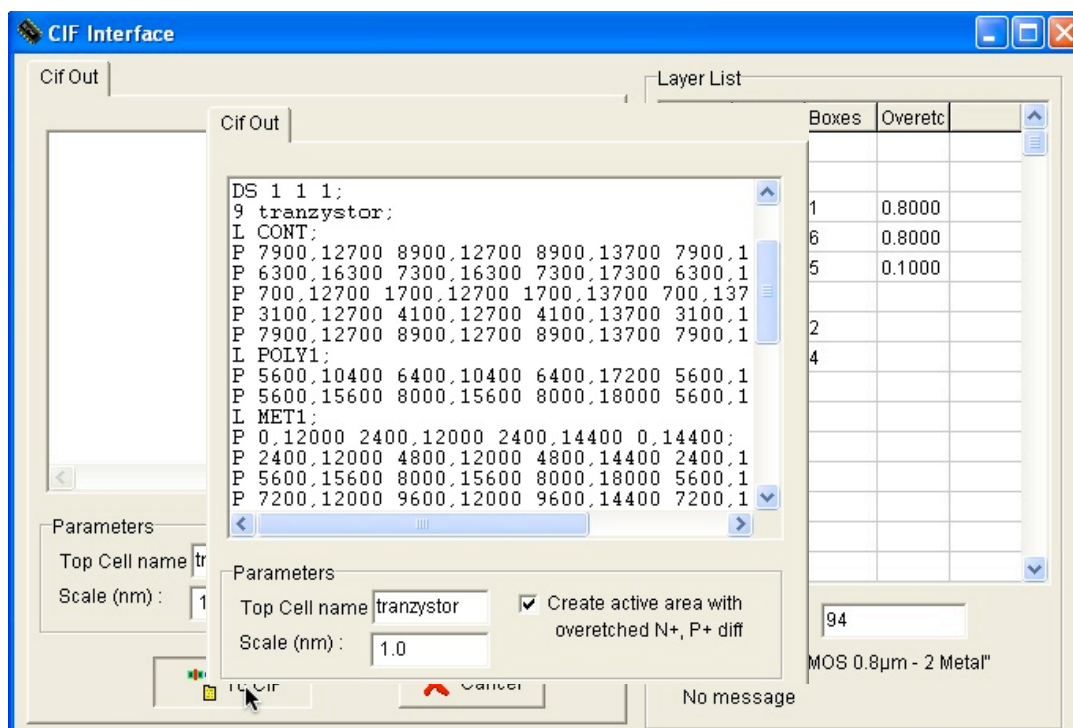


Zapisany uprzednio plik (z rozszerzeniem „.msk”) zawiera opis Twojego projektu w wewnętrznym formacie programu „Microwind”. Teraz możesz jeszcze zapisać projekt w standardowym formacie języka CIF i zobaczyć, jak taki zapis wygląda.



Wybierz „Convert Into...” -> „CIF layout file” z menu „File”. Otrzymasz na ekranie tablicę, w której nie musisz zmieniać niczego poza dopisaniem nazwy zaprojektowanej komórki (*topcell*). Tablica pokazuje jakie maski zostaną zapisane w pliku w formacie CIF. Podczas zapisu dokonywana będzie konwersja z warstw abstrakcyjnych połączona w przypadku niektórych masek ze zmianami wymiarów. Są to nieistotne dla nas w tym momencie szczegóły technologiczne.

Wpisz nazwę komórki (np. " tranzystor") w polu "Top Cell name" i kliknij "To CIF".



Projektowanie zakończone! Możesz teraz jeszcze obejrzeć zawartość przykładowego pliku CIF (Twój może w szczegółach wyglądać nieco inaczej).

Teraz pora na samodzielny trening. Narysuj topografię tranzystora MOS p-kanalowego analogiczną do narysowanej w ćwiczeniu 1 topografii tranzystora MOS n-kanalowego. Zachowaj te same wymiary kanału tranzystora. Różnice będą następujące:

- Tranzystor p-kanalowy musi być na wyspie typu n („N Well”).
- Zamiast obszaru aktywnego typu *n* należy użyć obszaru aktywnego typu *p* („P+ diffusion”).
- Wyspa oprócz tranzystora musi zawierać kontakt, który w gotowym układzie będzie podłączony do „plusa” zasilania. Wyspa jest obszarem typu *n*, więc użyj obiektu „Contact N+diff/metal1”.

Nie zapomnij po zakończeniu rysowania sprawdzić, czy spełnione są reguły projektowania!

Zapisz Twój pierwszy samodzielny projekt na dysk. Może się dalej przydać!

W tym miejscu kończy się druga część materiałów opowiadających o układach scalonych. Czy zaprojektowanie tranzystorów nMOS i pMOS było trudne? Chyba nie! W następnych częściach będzie mowa o całych układach!