Optymalizacja kodu

Ze wszystkich metod optymalizacji kodu programowego zwrócimy uwagę na:

- **Usunięcie (po możliwości) „skoków” danych**
- **Rozwijanie pętli**
- **Opcje kompilatora**

Usunięcie skoków danych:

```
for(i=1; i<=N; i++)
{
    for(j=1; j<=N; j++)
    {
            ij = N*(j-1)+i;
            A[ij] = ……..
    }
}
```

Ten fragment kodu będzie wykonany bardzo wolno, dla tego że elementy dużej tablicy są pobierane z pamięci nie ciągłe. To powoduje N^2 odczytów stron pamięci, przy czym z każdej strony będzie pobrane tylko jedno słowo (zakładamy, że N > M, gdzie M – ilość słów, które można umieścić w stronie pamięci głównej).

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & N+1 & 2N+1 & : & (N-1)N+1 \\ 2 & N+2 & 2N+2 & : & (N-1)N+2 \\ 3 & N+3 & 2N+3 & : & (N-1)N+3 \\ : & : & : & : & : \\ N & 2N & 3N & : & N^2 \end{pmatrix}$$

Taki fragment kodu jest zdecydowanie lepiej:

```
for(j=1, ij = 0; j<=N; j++)
{
    for(i=1; i<=N; i++, ij++)
    {
            A[ij] = ……..
    }
}
```

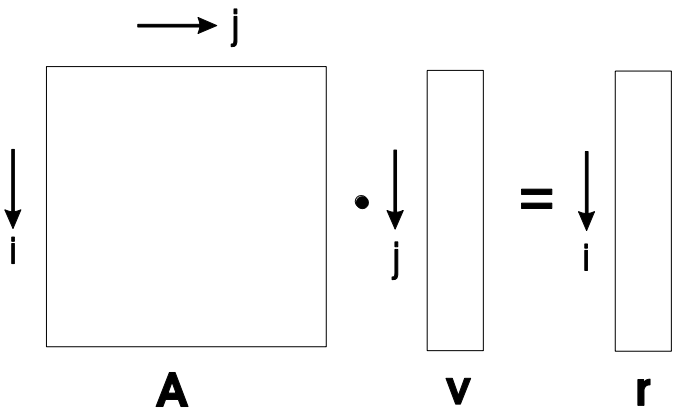
Teraz elementy tablicy A będą pobierane z pamięci ciągłe, przy odczycie każdej strony będą użyte wszystkie słowa, znajdujące się w stronie, i tylko po tym będzie odczyt nowej strony. Ilość odczytów stron: $N^2/M << N^2$.

➢ **Rozwijanie pętli – potoki procesora nie w stanie zacząć opracowywać instrukcji z następnej iteracji dopóki nie skończą instrukcji w bieżącej iteracji – nie znają wartości indeksu po inkrementowaniu (wykład 2, Przykł. 1). Dla tego krótkie instrukcji pętli powodują zaburzenie potoków procesora. Rozwijanie pętli w sposób sztuczny przedłuża instrukcje, co nadaje możliwość pełnego wciągnięcia potoków procesora.**

➢ **Przykład mnożenia macierzy przez wektor: r = r+A*V, przy czym macierz jest umieszczona w pamięci jako tablica jednowymiarowa kolumna po kolumnie:**

//Brak rozwijania pętli

```
memset((void *)R, 0, sizeof(double)*dim);
for(j=0,ij=0; j<dim; j++)
{
        for(i=0; i<dim; i++, ij++)
        {
                R[i] += A[ij]*V[j];
        }
}
```



$$\underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 3 & 6 \\ 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \end{pmatrix}}_{A} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}}_{v} \rightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}}_{r}$$

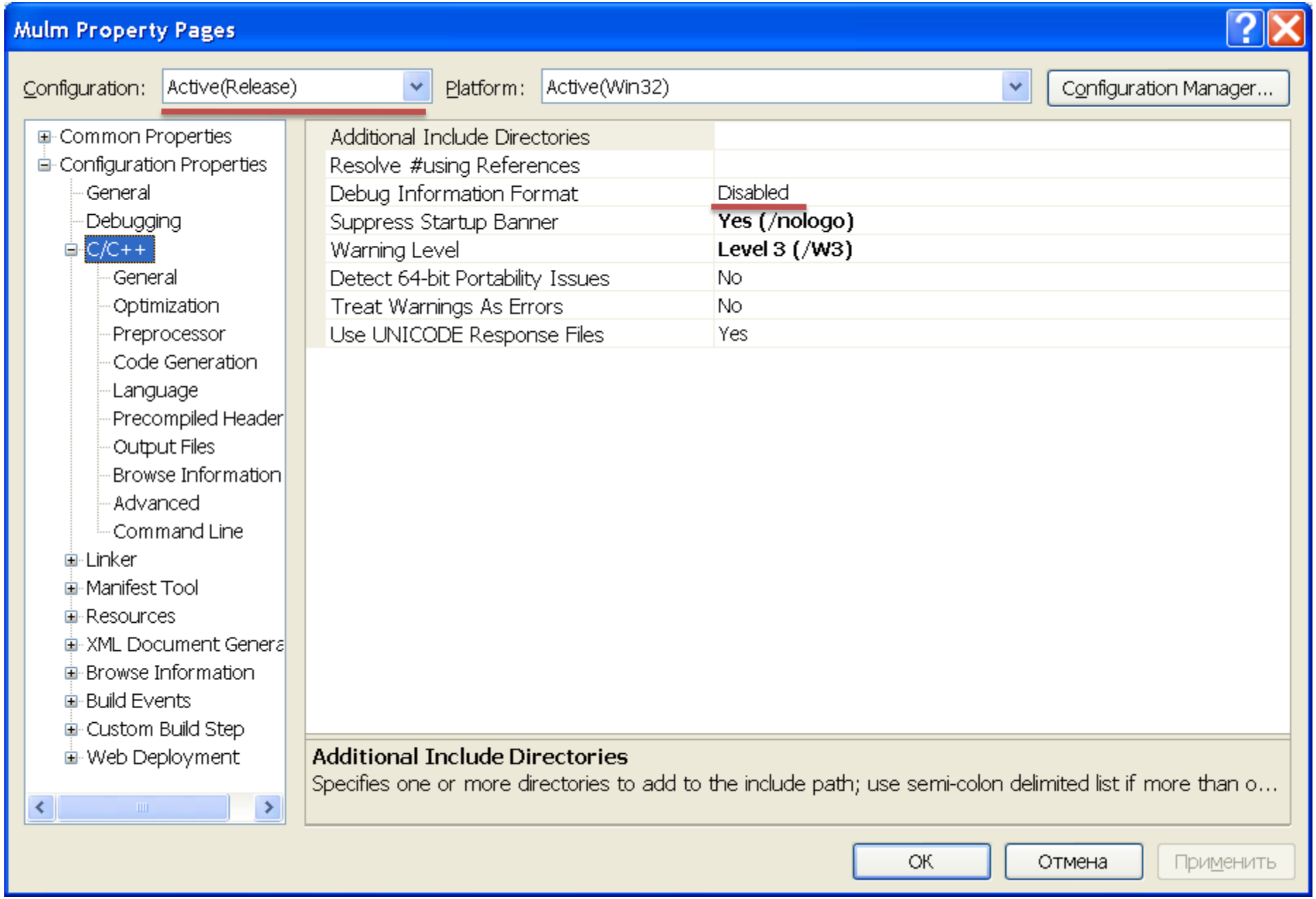
- **A teraz rozwiniemy pętle 6 razy:**

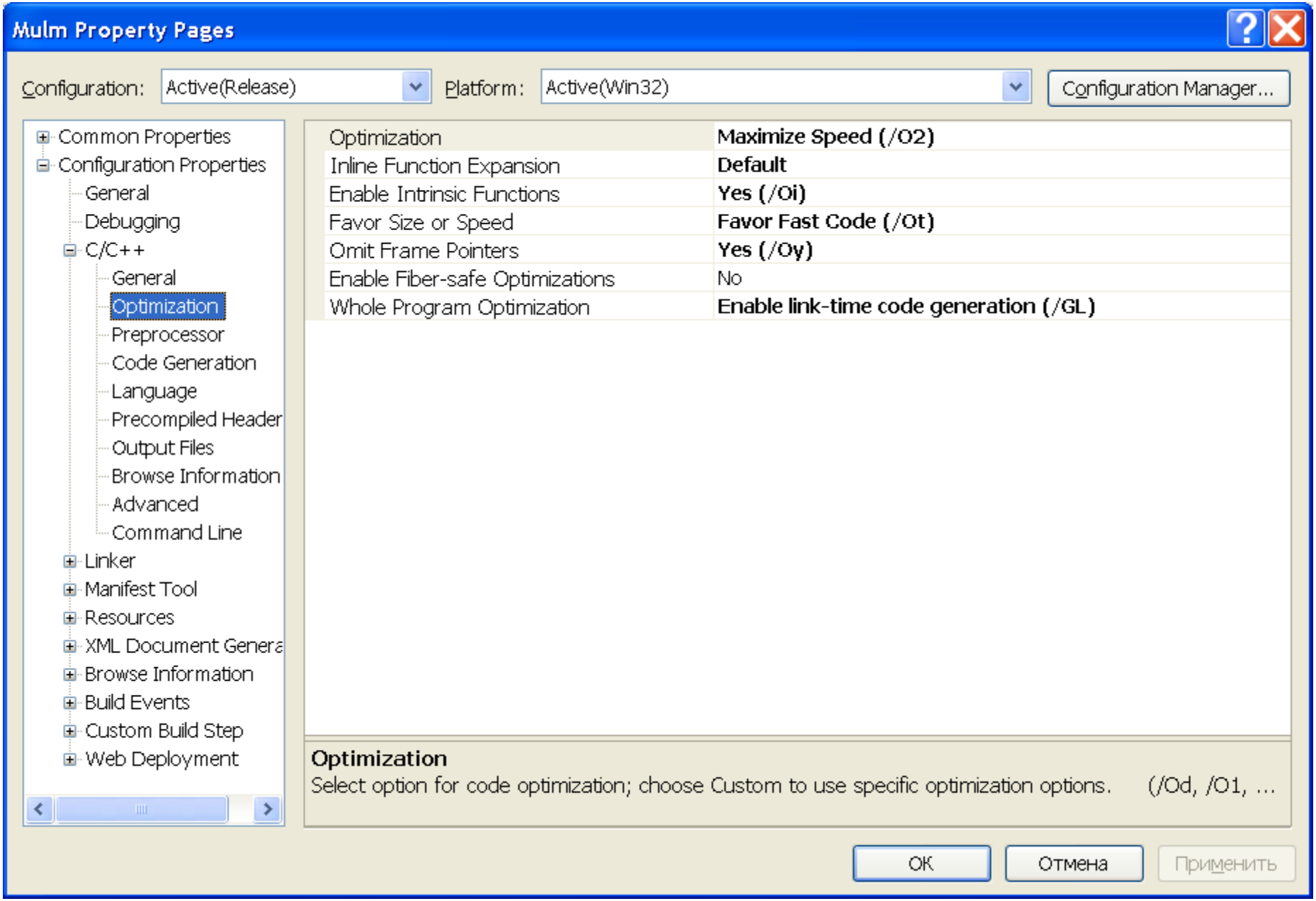
```
//Dostęp do elementów tablicy przez
//indeksy

int rest = dim%6;
for(j=0, ij=0; j<dim; j++)
{
	for(i=0; i<rest; i++, ij++)
	{
		R[i] += A[ij]*V[j];
	}

	for(i=rest; i<dim; i+=6, ij+=6)
	{
		R[i]   += A[ij]  *  V[j];
		R[i+1] += A[ij+1]*V[j];
		R[i+2] += A[ij+2]*V[j];
		R[i+3] += A[ij+3]*V[j];
		R[i+4] += A[ij+4]*V[j];
		R[i+5] += A[ij+5]*V[j];
	}
}
```

Opcje kompilatora

- **Kompilator Visual Studio 2005 C++ (Visual Studio 8.0), jak i jego poprzedniki (Visual Studio 6.0, ….) tworzy dwie wersji – debug i release.**

- **Wersja debug jest przeznaczona do debagowania programu, przecież kod wysokiej wydajności można osiągnąć tylko w wersji release.**


Mulm Property Pages
Configuration: Active(Release)
Platform: Active(Win32)
Configuration Manager...
Common Properties
Configuration Properties
General
Debugging
C/C++
General
Optimization
Preprocessor
Code Generation
Language
Precompiled Header
Output Files
Browse Information
Advanced
Command Line
Linker
Manifest Tool
Resources
XML Document Genera
Browse Information
Build Events
Custom Build Step
Web Deployment
Additional Include Directories
Resolve #using References
Debug Information Format
Disabled
Suppress Startup Banner
Yes (/nologo)
Warning Level
Level 3 (/W3)
Detect 64-bit Portability Issues
No
Treat Warnings As Errors
No
Use UNICODE Response Files
Yes
Additional Include Directories
Specifies one or more directories to add to the include path; use semi-colon delimited list if more than o...
OK
Отмена
Применить


Mulm Property Pages
Configuration: Active(Release)
Platform: Active(Win32)
Configuration Manager...
Common Properties
Configuration Properties
General
Debugging
C/C++
General
Optimization
Preprocessor
Code Generation
Language
Precompiled Header
Output Files
Browse Information
Advanced
Command Line
Linker
Manifest Tool
Resources
XML Document Genera
Browse Information
Build Events
Custom Build Step
Web Deployment
Optimization | Maximize Speed (/O2)
Inline Function Expansion | Default
Enable Intrinsic Functions | Yes (/Oi)
Favor Size or Speed | Favor Fast Code (/Ot)
Omit Frame Pointers | Yes (/Oy)
Enable Fiber-safe Optimizations | No
Whole Program Optimization | Enable link-time code generation (/GL)
Optimization
Select option for code optimization; choose Custom to use specific optimization options. (/Od, /O1, ...
OK
Отмена
Применить

- **Opcje /O1 (minimalizacja rozmiaru kodu), /O2 (maksymalna szybkość) . Włączenie tej flagi powoduje ustawienie szeregu opcji. Na przykład, włączenie /O2 powoduje ustawienie opcji: /Og /Oi /Ot /Oy /Ob2 /Gs /GF /Gy**

/Og – optymizacja globalna.

Kod do optymalizacji	Kod po optymalizacji

a = b + c;
d = b + c;
e = b + c;
	tmp = b + c;
	a = d = e = tmp;

- **Optymalizacja lokalna – są przeszukiwane tylko sąsiednie linie kodu, globalna – w obszarze całej funkcji.**
- **Kluczowe słowo register jest ignorowane. Zamiast tego kompilator umieszcza w rejestry zmienne, które mają częste powtarzania.**
- **Usunięcie wyrażeń, które nie zależą od indeksu iteracji, poza pętle:**

```
i= -100;                    i = -100;
while(i)                    tmp = x+y;
    i += x+y;               while(i)
                                i += tmp;
```

- **Optymalizuje działanie konstruktora kopiującego i destruktora przy zwracani funkcją wartości.**

/Oi – funkcje wbudowane (fabs(), labs(), strlen(),…) są wywołane jako intrinsic – narzuty przy wywołani są usunięte.

/Ot – maksymalizacje szybkości wykonania *.exe, *.dll

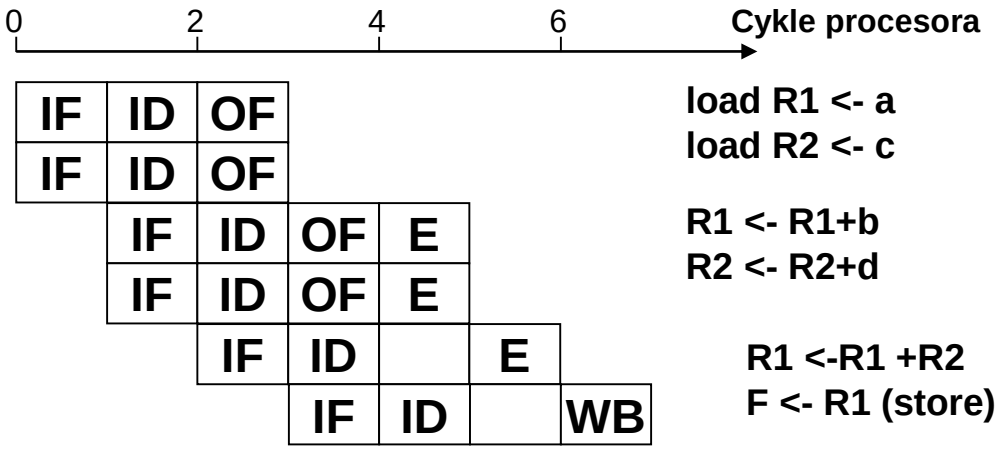
/Oy – przyspiesza działania na steku przy wywołani funkcji, zwalnia jeden lub więcej rejestrów dla umieszczenia często powtarzalnych zmiennych (tylko dla x86).

/Ob2 – rozwinięcie inline funkcji.

……

Superskalarność procesora – możliwość wykonywania wektoryzacji elementów obliczeń przy technologii potokowej i istnieniu rejestrów specjalnych.

- **Przykad: f = a+b+c+d;**



IF – instruction fetching

ID – decoding

OF – operand fetching

E – execution

WB – Write-back

Floating point model:

- **Domyślnie (bez flagi /fp:presize) kompilator tworzy kod, który dobiera kolejność obliczeń tak, żeby przyspieszyć wykonanie kodu. Przy tym w arytmetyce zmienno-przyczynkowej może się okazać, że kolejność operacji istotnie wpływa na wynik.**
- **Przykład: S = S1+S2+S3+S4+… . Przy sumowaniu dwóch liczb zmienno-przyczynkowych wyrównanie jest wykonane po wartości bezwzględnej większej liczby: $1000 + 0.01 = 1.0x10^3+0.00001x10^3$. Jeśli nasz komputer nie utrzymuje wystarczający rozmiar mantysy, a różnica rzędu tych liczb jest dużą, mniejsza liczba po prostu się gubi. A teraz przedstawimy, że nasz szereg zbiega się wolno, $S_{k+1} < S_k$ (k=1,2,…,), a kompilator tworzy kod:**

  S = S1;
  S = S+S2;
  ……..

Zaczynając od jakiegoś indeksu k suma $S >> S_{k+1}$, i ostatnie składowe szeregu są pominięty.

- **Teraz będziemy liczyć tak:**

  $S = S_N$
  $S = S+S_{N-1}$
  ……

Ostatnie składowe szeregu są uwzględniony

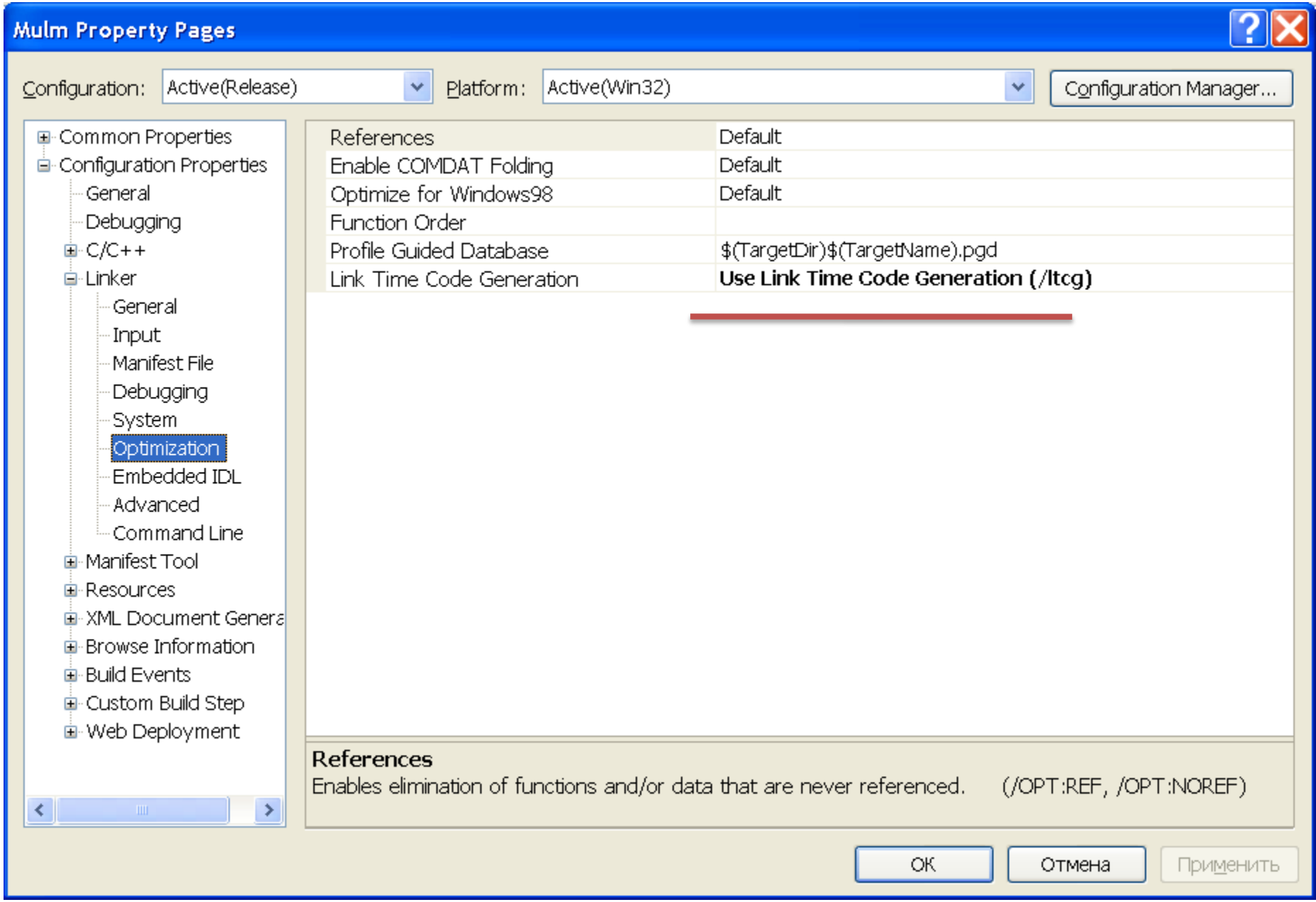
Ten przykład demonstruje, że bywają zagadnienia, w których wynik istotnie zależy od kolejności operacji, więc zmiana porządku operacji przy optymalizacji kodu może być dość niebezpieczną.
Wyjściem z takiej sytuacji może być przedstawienie wyniku pośredniego z większą precyzją. Jeśli typ składowych – float, to wynik poprzedni może być double, jeśli double – long double, i t. p.

- **/fp:precise na procesorach x86 oznacza, że kompilator będzie wykonywał tylko bezpieczną optymalizacje na kodzie floating-point, obliczenia pośrednie (intermediate) będą wykonane z największą praktyczną dokładnością. Program, skompilowany z opcją /fp:presize, będzie wolniej i większy od programu, skompilowanego bez tej opcji. Będzie pominięta opcja /Oi (intrinsic functions), zamiast tego standardowa biblioteka runtime routines będzie użyta.**
- **/fp:fast – tworzy najszybszy kod w większości wypadków. Przecież może to powodować nieoczekiwane wyniki.**
- **/fp:strict – najbardziej ścisły model operacji zmienno przyczynkowych. Uwzględnia wszystkie korekcje /fp:presize plus do tego poprzedza nieprawidłowe przetwarzania.**

/GL – nadaje możliwość link-time code generation. Jeśli w opcjach linkera jest ustawione (a są ustawienia domyślne dla wersji release), linker i kompilator wspólnie optymalizują kod.

To jest tak zwana technika profile-guided optimization (PGO). Przy zwykłej kompilacji kompilator kompiluje jednostki kompilacji rozdzielnie, i nic nie wie o związku pomiędzy tymi jednostkami. W technice PGO na podstawie wspólnej analizy (kompilator-linker) struktury programu (związku pomiędzy funkcjami i innymi jednostkami kompilacji) jest tworzony kod z optymalizowanym wywołaniem funkcji, a do tego jeszcze wielu rzeczy.
Dla użycia PGO są konieczne etapy:

- **Kompilacje w trybie instrumentation code (opcje Linker/Optimization/Link Time Code Generation/** LTCG:PGINSTRUMENT)
- **Jednokrotne wykonanie programy ze zbiorem informacji w osobny plik**
- **Przestawienie opcji linkera** /LTCG:PGOPTIMIZE **i ponowny rebuild programu. Optymalizacje jest wykonana automatycznie na podstawie informacji przy testowym wykonaniu programu.**


Mulm Property Pages
Configuration: Active(Release)
Platform: Active(Win32)
Configuration Manager...
Common Properties
Configuration Properties
General
Debugging
C/C++
Linker
General
Input
Manifest File
Debugging
System
Optimization
Embedded IDL
Advanced
Command Line
Manifest Tool
Resources
XML Document Genera
Browse Information
Build Events
Custom Build Step
Web Deployment
References Default
Enable COMDAT Folding Default
Optimize for Windows98 Default
Function Order
Profile Guided Database $(TargetDir)$(TargetName).pgd
Link Time Code Generation Use Link Time Code Generation (/ltcg)
References
Enables elimination of functions and/or data that are never referenced. (/OPT:REF, /OPT:NOREF)
OK
Отмена
Применить