Table of Contents

1. Ćwiczenie 3: Integracja kodu niezarządzalnego, tworzonego w języku Assembler wraz z kodem zarządzalnym .NET C# 2
1.1. Środowisko sprzętowe i programistyczne 2
1.2. Wymagania 2
1.3. Wstęp 2
1.4. Powtórka z teorii: Przekazywanie danych do funkcji 2
1.4.1. Typy danych w .NET a typy danych w assemblerze 3
1.4.2. Automatyczne zarządzanie pamięcią w .NET 3
1.5. Dołączanie biblioteki DLL do kodu w C# 5
1.6. Konfiguracja środowiska 6
1.6.1. Ustawienie kolejności kompilacji (zależności) 7
1.6.2. Zmiana projektu DLL w C++ na projekt DLL w assemblerze 8
1.6.3. Ustawienie wspólnego folderu docelowego 13
1.6.4. Konfiguracja na potrzeby kodu unsafe oraz debuggowania 15
1.7. Przekazywanie wskaźników z poziomi C# do funkcji w assemblerze 16
1.7.1. Przykład 1 16
1.7.2. Przykład 2 17
1.8. Zadanie do wykonania 20
1.9. Metoda weryfikacji wyników 21
1.10. Pomocne zasoby 21

1. Ćwiczenie 3: Integracja kodu niezarządzalnego, tworzonego w języku Assembler wraz z kodem zarządzalnym .NET C#

1.1. Środowisko sprzętowe i programistyczne

Do wykonania ćwiczenia niezbędny jest komputer PC w postaci maszyny fizycznej lub wirtualnej z systemem Windows 7, 8, 8.1 lub 10, z zainstalowanym i skonfigurowanym środowiskiem programistycznym Microsoft Visual Studio 2019 Community Edition[1)].



Proszę nie pomylić z Visual Studio Code, to zupełnie inny produkt, który nie nadaje się wprost do wykorzystania w naszym laboratorium do realizacji zadań.



Szczegóły instalacji i konfiguracji środowiska przedstawiono w ramach Laboratorium 1 i 2.

1.2. Wymagania

Studenci muszą rozumieć sposób tworzenia i działania aplikacji typu “Command Line”, podstawy języka assembler oraz podstawy języka C#.

1.3. Wstęp

W niniejszym ćwiczeniu wykorzystamy wiedzę zdobytą w poprzednich ćwiczeniach. Tematyką ćwiczenia są struktury danych, dostęp do nich oraz przenoszenie informacji pomiędzy kodem zarządzalnym (C#) i kodem niezarządzalnym (assembler) w kontekście automatycznego zarządzania pamięcią w środowisku .NET i jego konsekwencji dla programowania w assemblerze.

1.4. Powtórka z teorii: Przekazywanie danych do funkcji

W kontekście przekazywania argumentów (danych) do funkcji, rozważamy dwa zasadnicze przypadki

- przekazywanie przez wartość,
- przekazywanie przez referencję (wskaźnik).

W większości języków programowania zmienne proste typu `int, word, float, byte, double` są przekazywane przez wartość. Oznacza to, że z punktu widzenia wywołującego, oryginalna zmienna jest kopiowana i przekazywana jest do funkcji jej wartość. Modyfikacja tej zmiennej po stronie wywoływanej funkcji nie zmienia wartości oryginału. Oczywiście tego typu wywołania bardzo mocno ograniczają możliwości przeakazywania parametrów do funkcji.

W przypadku złożonych typów danych, takich jak np: tablice zmiennych, struktury, klasy (instancje klas), zamiast przekazywania do funkcji wszystkich elementów tworzących strukturę danych, przekazuje się wskaźnik na tę strukturę. Dzięki temu, przekazując jedną wartość (adres=wskaźnik) przekazujemy niejako wszstykie dane, niemniej jednak nie są one kopiowane: funkcja wywoływana operuje na oryginałach i jeśli zmienia ich wartość to zmianie następuje wartość oryginalna, a nie jej kopia lokalna w funkcji wywoływanej,

Konsekwencją drugiego podejścia jest fakt, że struktura danych pozostaje niejako w przestrzeni pamięci wywołującego (nie jest kopiowana do wywoływanego), co w przypadku mieszania kodu zarządzalnego i niezarządzalnego ma istotne konsekwencje.

1.4.1. Typy danych w .NET a typy danych w assemblerze

Typy danych w .NET mogą być zaskakująco odmienne od tego, czego spodziewalibyśmy się patrząc w punktu widzenia assemblera. Poza takimi oczywistościami jak np. `byte`, należy pamiętać, że zmienna typu `char` w języku C# (oraz VB.NET) ma … 2 bajty długości. Wynika to z faktu stosowania unicode do przechowywania liter, co pozwala na znaczne zwiększenie po stronie .NET zakresu znaków, ale stanowi nie lada wyzwanie w przypadku kodu w assemblerze.
.NET stosuje dwa rodzaje zmiennych numerycznych: ze znakiem i bez znaku. Zasady prezentacji liczb ujemnych są takie same jak w assemblerze (i zgodnie ze stosowanym zapisem w uzupełnieniu do dwóch w procesorach Intel/AMD).
Ponadto wskaźniki w przypadku kodu 32-bitowego (x86) są 32-bitowe, a w przypadku kodu x64, 64-bitowe. W przypadku tego laboratorium używamy kodu 64-bitowego.
Odpowiednikiem typu word (16 bitów) po stronie assemblera jest typ `short` i `ushort` po stronie C# (odpowiednio ze znakiem i bez znaku).

1.4.2. Automatyczne zarządzanie pamięcią w .NET

W środowisku .NET, dowolna struktura danych (tabilca, obiekt, zmienna) może zostać przesunięta przez wewnœtrzny mechanizm z jednego miejsca w pamięci do innego. Mechanizm ten śledzi również na bieżąco kod źródłowy i rejestruje aktywne odwołania do zmiennej. Jeśli wykryje, że w kodzie nie ma więcej odwołań do danej zmiennej, jest ona usuwana z pamięci automatycznie, dzięki czemu w .NET nie trzeba samemu alokować i zwalniać pamięci. Za proces ten odpowiada tzw. `Garbage Collector`[2)].

Uwaga! W przypadku mieszania w jednym rozwiązaniu kodu zarządzalnego i niezarządzalnego należy mieć na uwadze, że `Garbage Collector` nie jest w stanie monitorować, do jakich zmiennych (fragmentów pamięci) odwołuje się kod w Assemblerze, ponieważ kod w Assemblerze jest “poza” środowiskiem .NET.



`Garbage Collector` nie jest w stanie monitorować, do jakich zmiennych odwołuje się kod w Assemblerze, ponieważ kod w Assemblerze jest “poza” środowiskiem .NET.

Konsekwencją powyższego faktu są przypadki, gdzie kod w assemblerze będzie “rzucał wyjątki” dostępu do pamięci i utraci (może utracić) dostęp do danych przekazanych z .NET, ponieważ (rys. 1, 2 i 3):

- W czasie przetwarzania danych przez funkcję w assemblerze, Garbage Collector wykonał cykl porządkowania, wykrył, że w kodzie .NET nie ma dalszych odwołań do zmiennej, skutkiem czego usunął ją i zwolnił pamięć po stronie kodu wywołującego w środowisku .NET; Kod funkcji w assemblerze utraci dostęp do danych i w konsekwencji pojawi się wyjątek odczytu/zapisu pamięci, ponieważ pod wskaźnikiem, który znajduje się po stronie kodu w assemblerze, nie ma już danych, na które ten wskaźnik wskazywał;
- W czasie przetwarzania danych przez funkcję w assemblerze, Garbage Collector wykonał cykl porządkowania i przesunął zmienną w inne miejsce w pamięci z powodów optymalizacyjnych; Kod w assemblerze nie otrzyma “aktualizacji” wskaźnika, ponieważ jest poza jurysdykcją środowiska .NET, skutkiem czego nastąpi błąd odczytu/zapisu pamięci, ponieważ wykonując dereferencję wskaźnika trafimy w miesce w pamięci, które nie przechowuje już zmiennej (jest wolne lub zajęte przez inną strukturę danych, po stronie .NET);
- Inne przypadki: np. asynchroniczny wątek aplikacji w środowisku .NET zmodyfikuje zmienną i np. skróci tablicę zmiennych, co może skutkować błędami po stronie kodu w assemblerze, w szczególności błędami logicznymi i błedami indeksacji i/lub wyjątkami związanymi z dostępem do pamięci;

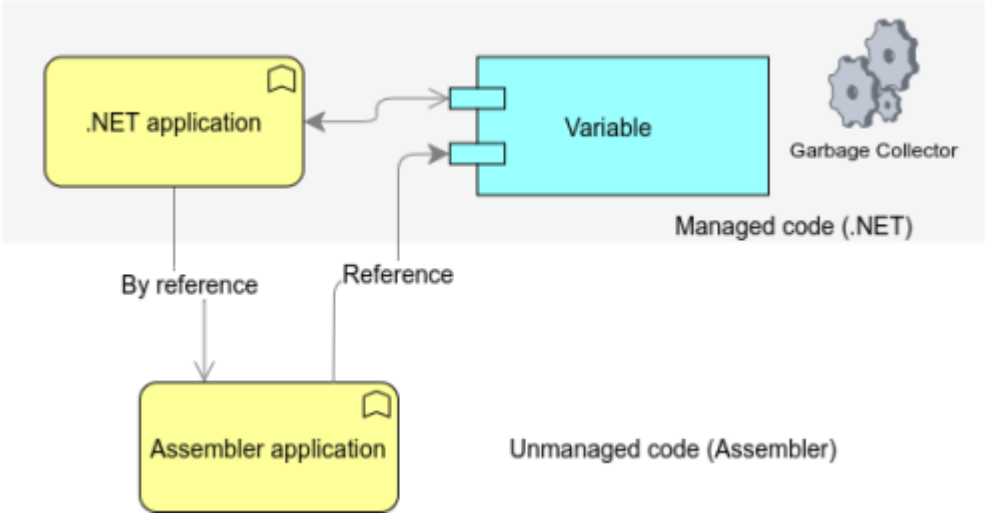


Fig. 1: Zmienna po stronie .NET jest w lokalizacji zgodnej z referencją

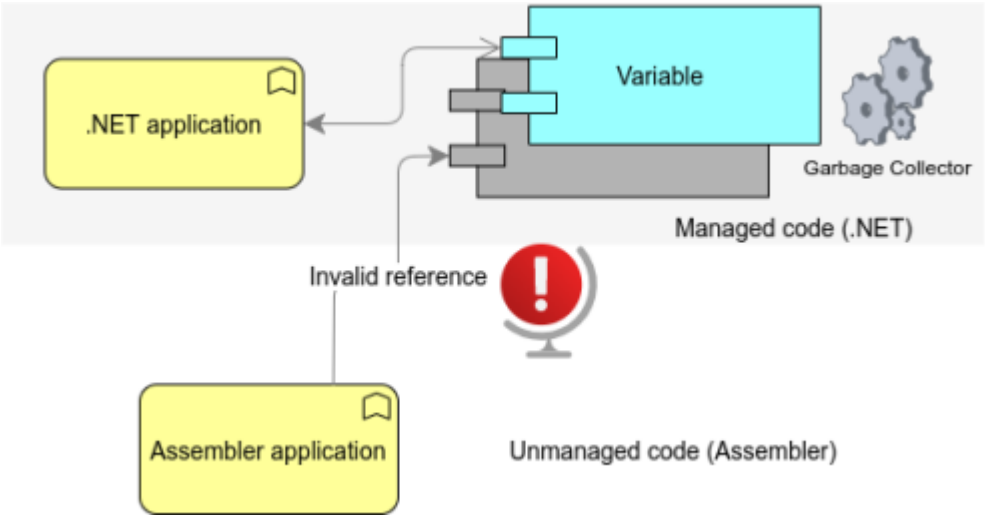


Fig. 2: Zmienna po stronie .NET została przesunięta przez GC w inne miejsce

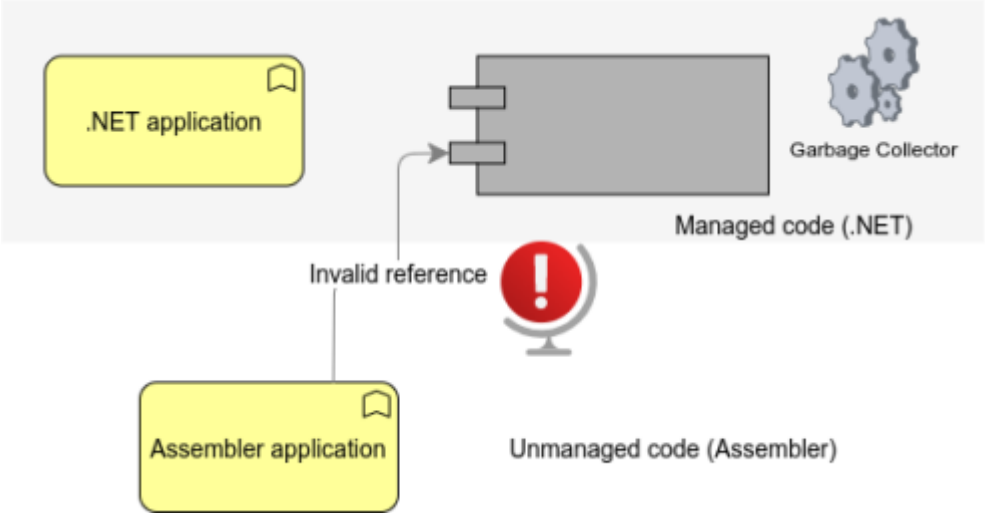


Fig. 3: Zmienna po stronie .NET została usunięta przez GC

W związku z powyższym, mieszając kod zarządzalny (.NET) oraz niezarządzalny (assembler) należy zapewnić aby:

- każdy fragment kodu w .NET (C#), który odwołuje się do kodu w assemblerze i jest związany z użyciem wskaźników (np. przekazywanie argumentów z wykorzystaniem wskaźnika) należy oznaczyć słowem kluczowym `unsafe` (references)[3];
- w celu poinformowania Garbage Collectora o zakazie relokacji zmiennej na czas wywołania funkcji w assemblerze należy użyć słowa kluczowego `fixed` po stronie kodu .NET (C#) [4] - fixed należy używać równolegle z `unsafe`;



Błędy związane z brakiem zastosowania powyższych reguł (relokacją pamięci przez Garbage Collector i następującym po nim odwołaniem z poziomu języka assembler) są niezwykle trudne do wykrycia, ponieważ aplikacja zachowuje się nieprzewidywalnie: raz działa, innym razem nie. Wynika to z faktu, że Garbage Collector może, ale nie musi przesunąć zmiennej, zatem kod w takim przypadku może działać “przez przypadek”. Działanie `Garbage Collectora` jest zależne od wielu czynników, w tym np. od obciążenia pamięci operacyjnej przez inne procesy, co oznacza że dwukrotne uruchomienie aplikacji może powodować jej różne działanie.

1.5. Dołączanie biblioteki DLL do kodu w C#

W przypadku kodu w .NET, najwygodniej jest ładować bibliotekę w sposób dynamiczny. Niezaleznie od sposobu, musimy poinformować kompilator C# o tym, że funkcja w assemblerze znajduje się “poza” kodem źródłowym w C# (VB.NET), to znaczy że trzeba zadeklarować jej prototyp i wskazać go jako zewnętrzny (dyrektywa `extern`).
Poniżej znajduje się fragment aplikacji, która pokazuje, jak należy zadeklarować funkcję oraz jak ją wywołać:

```
using System;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace ConsoleAsmTestTypes
{
```

```
    class Program
    {
        [DllImport("DLLAsm.dll")]
        private static extern int ProcAsm1(int a, int b);
        static void Main(string[] args)
        {
            int a = 10;
            int b = 20;
            unsafe
            {
                int c = ProcAsm1(a, b);
            }
        }
    }
}
```



Uwaga! Należy zapewnić, aby skompilowana biblioteka DLL (tutaj `DLLAsm.dll`) znalazła się w tym samym folderze, w którym znajdzie się skompilowana aplikacja .NET. W przeciwnym wypadku podczas uruchamiania zostanie rzucony wyjątek o braku możliwości zainstalowania biblioteki. W kolejnym rozdziale znajduje się infomacja, jak skonfigurować projekty, aby generowały wyniki do wspólnego folderu.



Można również pozostawić bibliotekę w pierwotnej lokalizacji o zmodyfikować dyrektywę `DLLImport` podając ścieżkę dostępu przed nazwą pliku DLL, względną lub absolutną. W przypadku użycia tej ostatniej, nie będzie można zmienić lokalizacji biblioteki.

Uwaga na przekazywane i zwracane typy! Informacja o tym, gdzie znaleźć zmienne po stronie wywoływanej funkcji znajduje się w opisie do Laboratorium JA ćw. 1.
W powyższym przykładzie nie stosujemy dyrektywy `fixed` po stronie kodu w .NET (również użycie dyrketywy `unsafe` nie jest konieczne) ponieważ przekazujemy argumenty poprzez wartość, nie poprzez referencję. Dyrektywa `unsafe` została dołączona w celu jej wprowadzenia i prezentacji sposobu użycia.
Zewnętrzne funkcje mogą być deklarowane zarówno jako publiczne jak i prywatne.

1.6. Konfiguracja środowiska

Tak jak w każdym przypadku tworzenia projektu hybrydowego, tak i tutaj niezbędne jest stworzenie projektu i skonfigurowanie go pod kątem integracji z assemblerem. Zmiany są niezbędne w obu projektach tworzących rozwiązanie (solucję).
Struktura solucji zawiera dwa projekty, np jak na rysunku 4:

- Aplikacja typu Command Line w języku C# (główny projekt)
- Biblioteka DLL w C++, skonwertowana ręcznie do biblioteki w Assemblerze

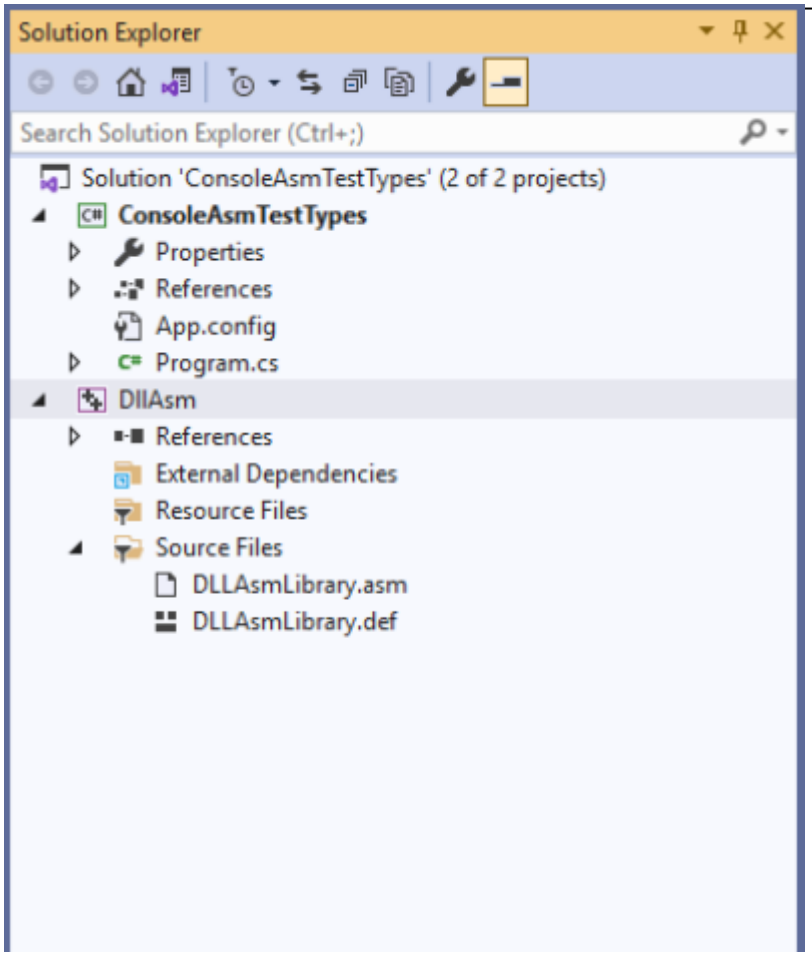


Fig. 4: Przykładowa konfiguracja solucji

1.6.1. Ustawienie kolejności kompilacji (zależności)

Prawym przyciskiem myszy należy kliknąć w projekt aplikacji konsolowej, a następnie wybrać “Build Dependencies”/“Project Dependencies...” i wskazać referencję (“Depends on:”) do projektu biblioteki DLL w assemblerze (jak na rysunku 5). Nazwy są zależne od nadanych nazw w trakcie tworzenia projektu:

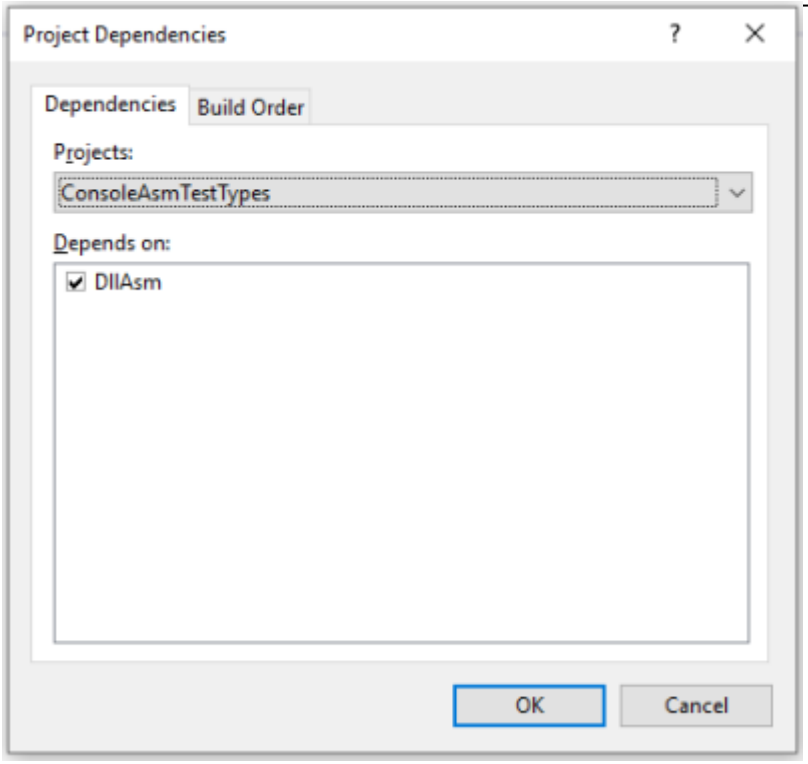


Fig. 5: Ustalenie zależności projektu konsolowego od projektu DLL (kompilacja)

Następnie w zakładce “Build Order” należy sprawdzić, czy kolejność kompilacji jest poprawna (najpierw DLL, potem zależna od niego aplikacja konsolowa, rys 6):

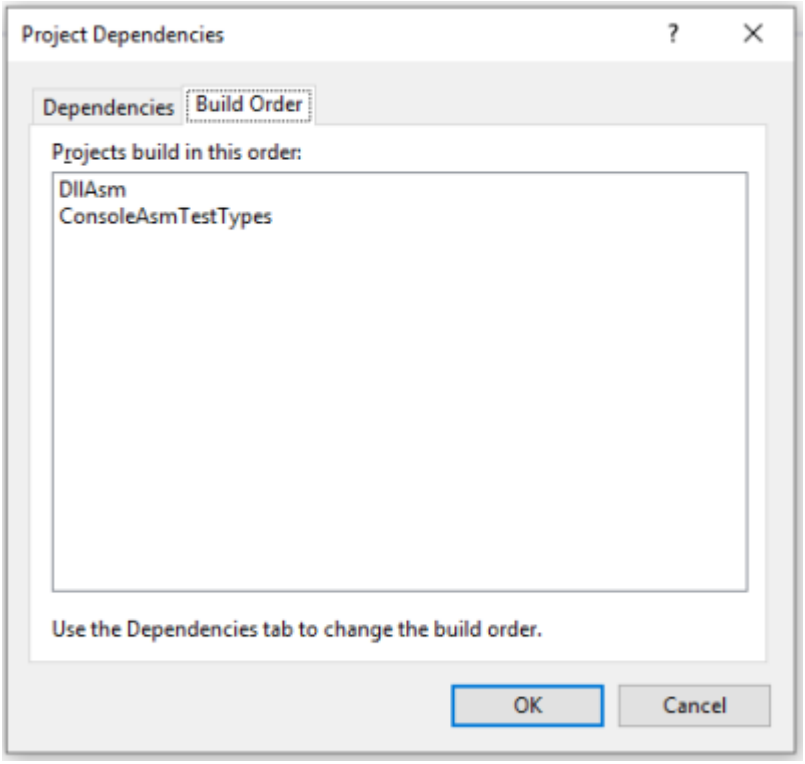


Fig. 6: Kontrola kolejności kompilacji

1.6.2. Zmiana projektu DLL w C++ na projekt DLL w assemblerze

W celu zmiany sposobu kompilacji (typu projektu) należy kliknąć prawym przyciskiem na nazwę projektu, a następnie wybrać “Build Dependencies”/“Build Customizations...” i wskazać “masm(.targets, .props)” (rysunek 7):

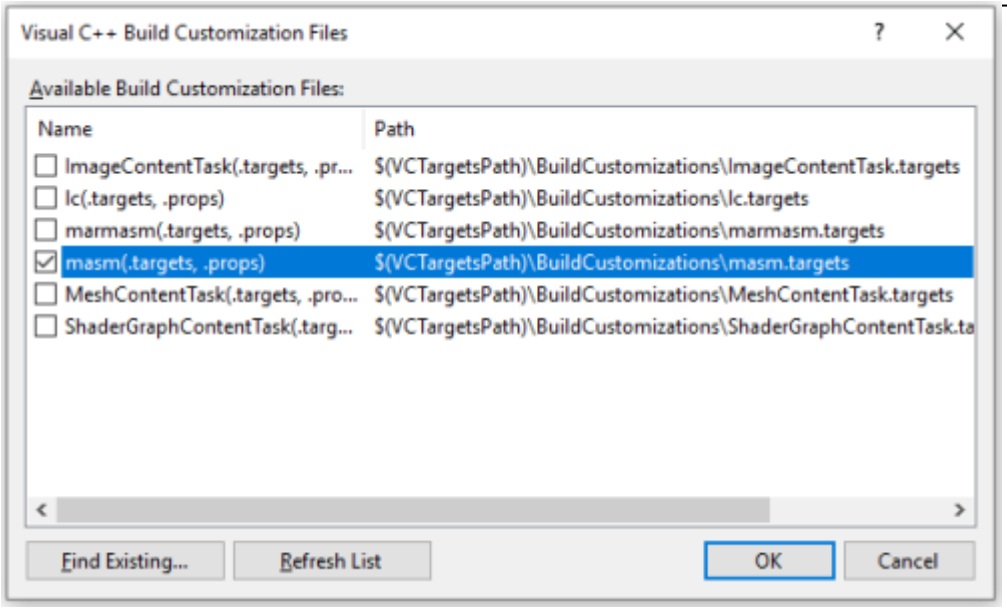


Fig. 7: Konfiguracja kompilatora dla projektu

Z solucji należy usunąć wszystkie pliki źródłowe, które zostały automatycznie wygenerowane podczas tworzenia projektu, a następnie dołożyć pliki źródłowe `.asm` i `.def`. Następnie plik `.asm` należy oznaczyć jako kod źródłowy assemblera (rysunek 8). W tym celu należy kliknąć prawym przyciskiem myszy na pliku `.asm`, wybierz “Properties” i w menu po lewej stronie wskaż “General”. Rodzaj pliku źródłowego należy wskazać w pozycji “General” i wybrać “Microsoft Macro Assembler” oraz ustawić wartość “Content” na “Yes”:

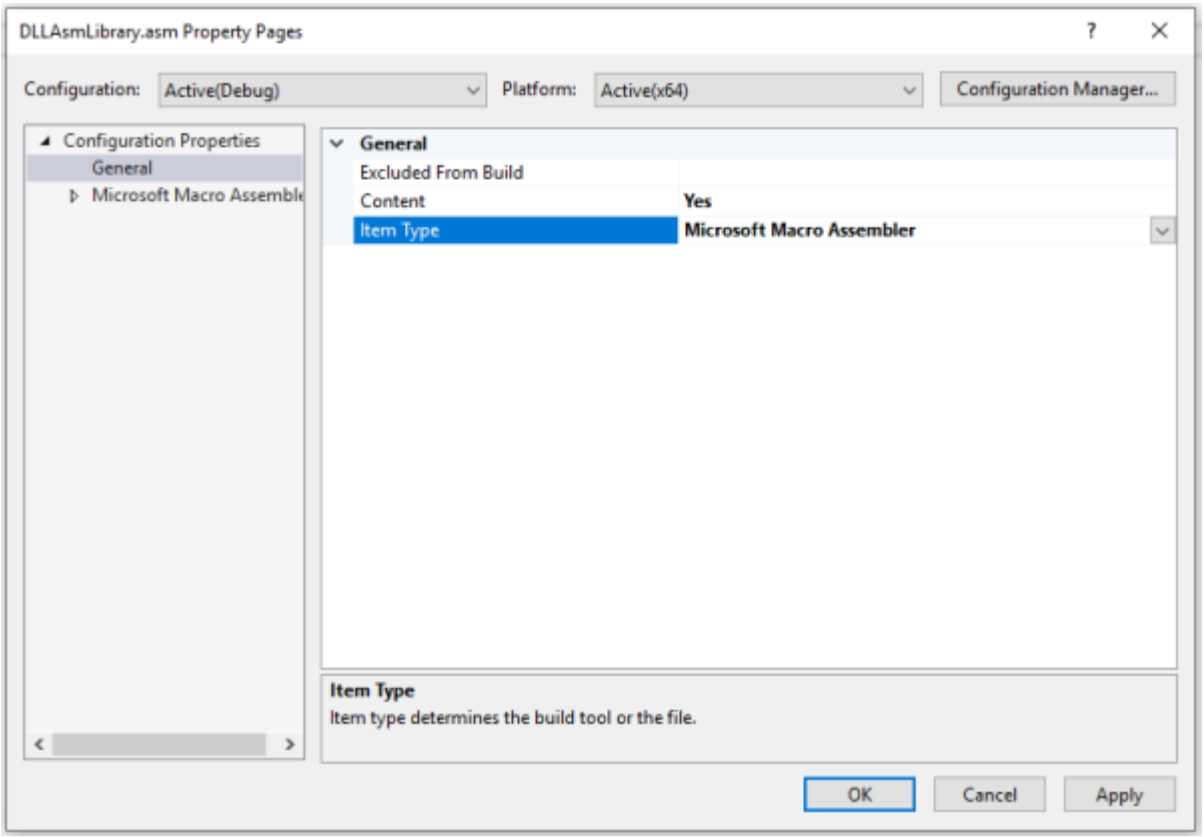


Fig. 8: Konfiguracja pliku źródłowego w assemblerze

We właściwościach projektu (prawym przyciskiem myszy należy klinąć nazwę projektu i wybrać “Properties”) wymagane jest ustawienie kilku parametrów konfiguracyjnych:

- “General”→“Configuration Type”: ustawić na “Dynamic Library (.dll)” (rys. 9);

- “Linker”/“Input”→“Module Definition File”: ustawić na nazwę pliku `.def`, który został dołączony do solucji (rys. 10);
- Sprawdzić (i ew ustawić) platformę docelową w “Linker”/“System”→“SubSystem”, powinna mieć wartość “Windows(/SUBSYSTEM:WINDOWS)” (rys. 11);
- “Linker”/“Advanced”→“No Entry Point”: ustawić na wartość “Yes” (rys. 12);
- Dodatkowo należy sprawdzić, czy w ww lokalizacji właściwość “Target Machine” jest ustawiona na “MachineX64 (/Machine:X64)” (rys 12);

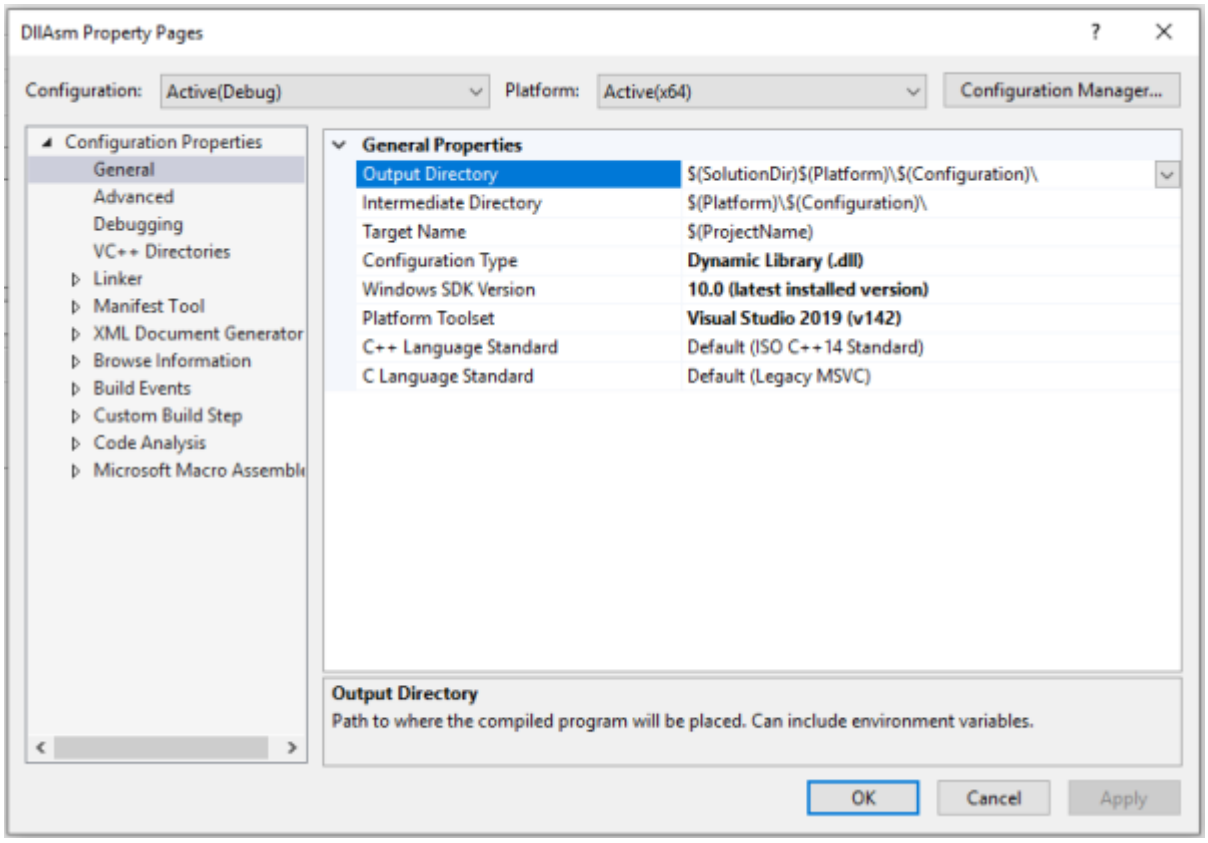


Fig. 9: Konfiguracja projektu w assemblerze cz. 1

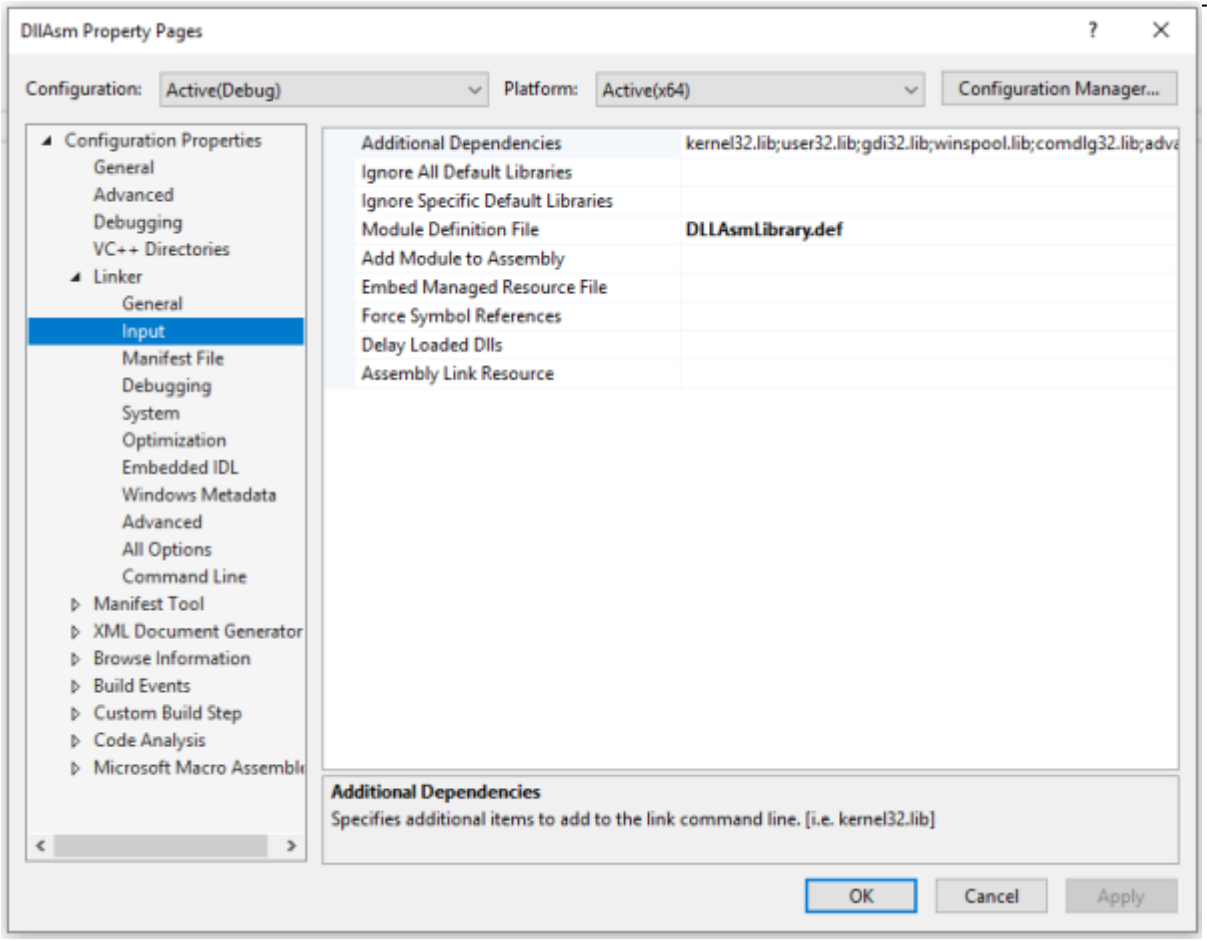


Fig. 10: Konfiguracja projektu w assemblerze cz. 2

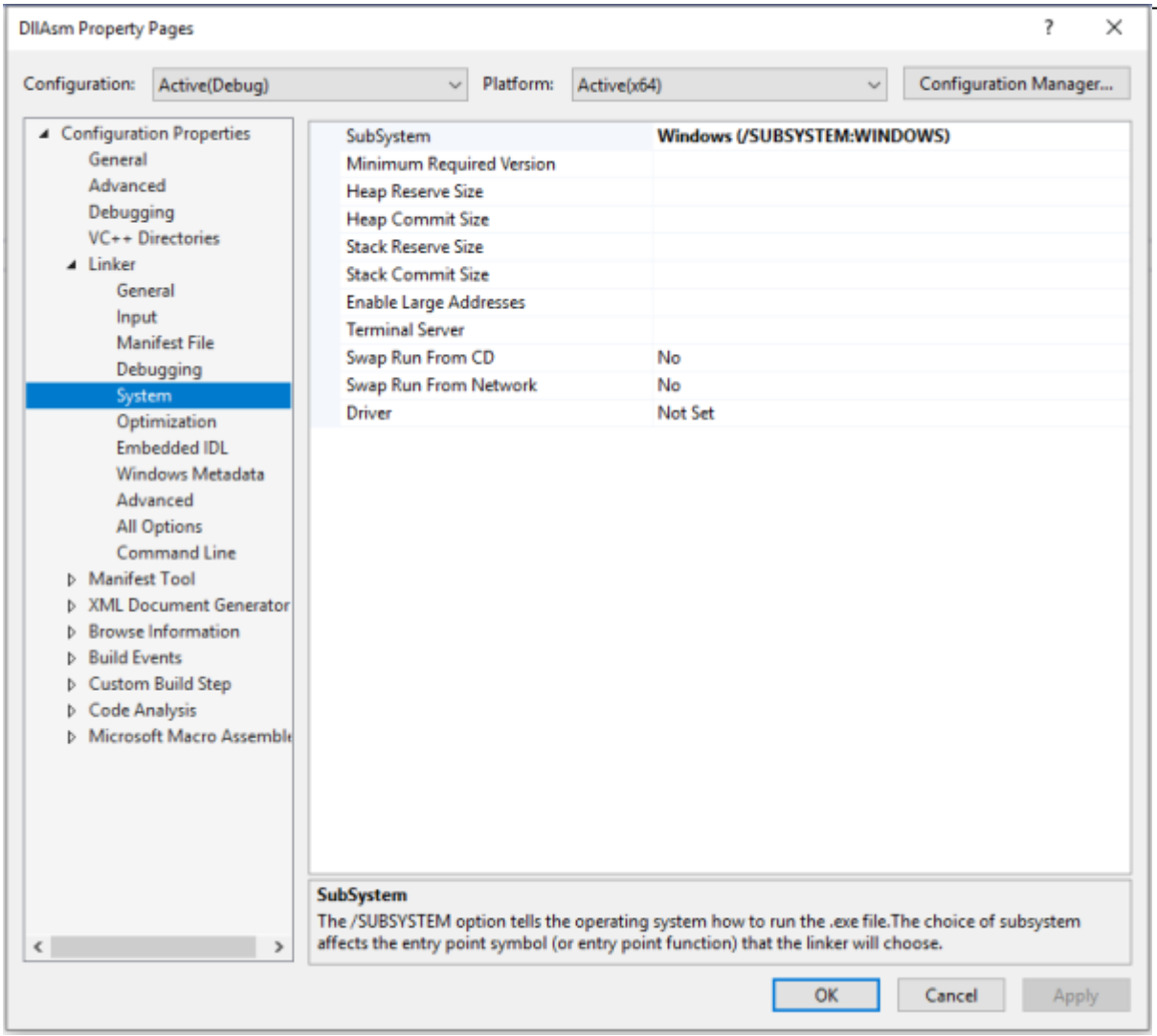


Fig. 11: Konfiguracja projektu w assemblerze cz. 3

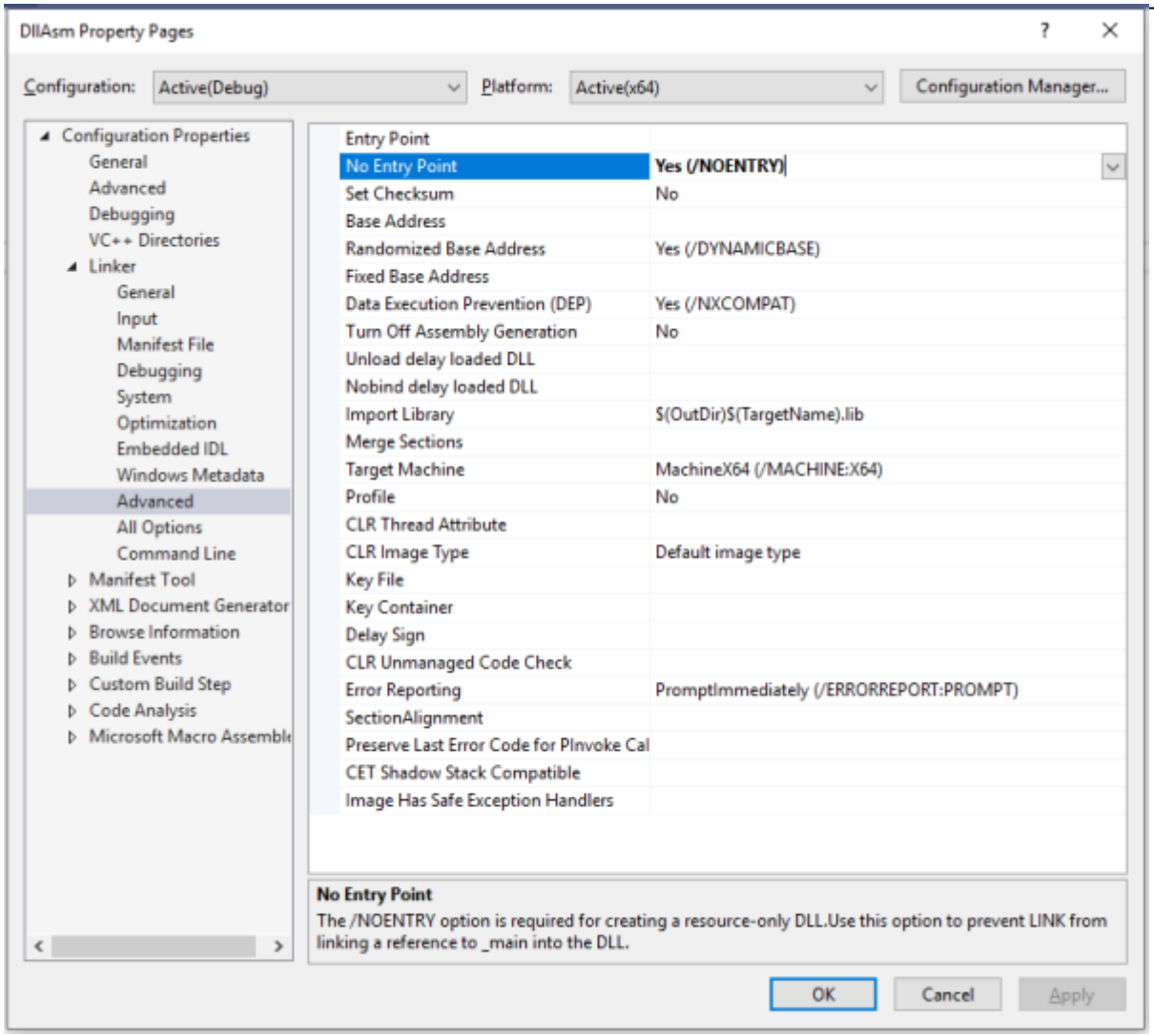


Fig. 12: Konfiguracja projektu w assemblerze cz. 4

1.6.3. Ustawienie wspólnego folderu docelowego

Aby można było ładować dynamicznie bibliotekę DLL w aplikacji C# bez konieczności podawania ścieżki, wynik kompilacji projektu DLL oraz projektu w C# musi znajdować się w tym samym folderze. W praktyce oznacza to, że w jednym z projektów należy zmienić konfigurację.
W projekcie DLL w języku assembler, domyślną lokalizacją wyniku kompilacji (m.in. wynikowego pliku `.dll` jest `$(SolutionDir)$(Platform)\$(Configuration)\`, co w praktyce oznacza, że na poziomie solucji zostanie utworzony folder `./x64/Debug/` lub `./x64/Release` (w zależności od trybu kompilacji), w którym znajdzie się skompilowana biblioteka DLL. Do tego folderu należy kompilować również główną aplikację konsolową (rysunek 13):

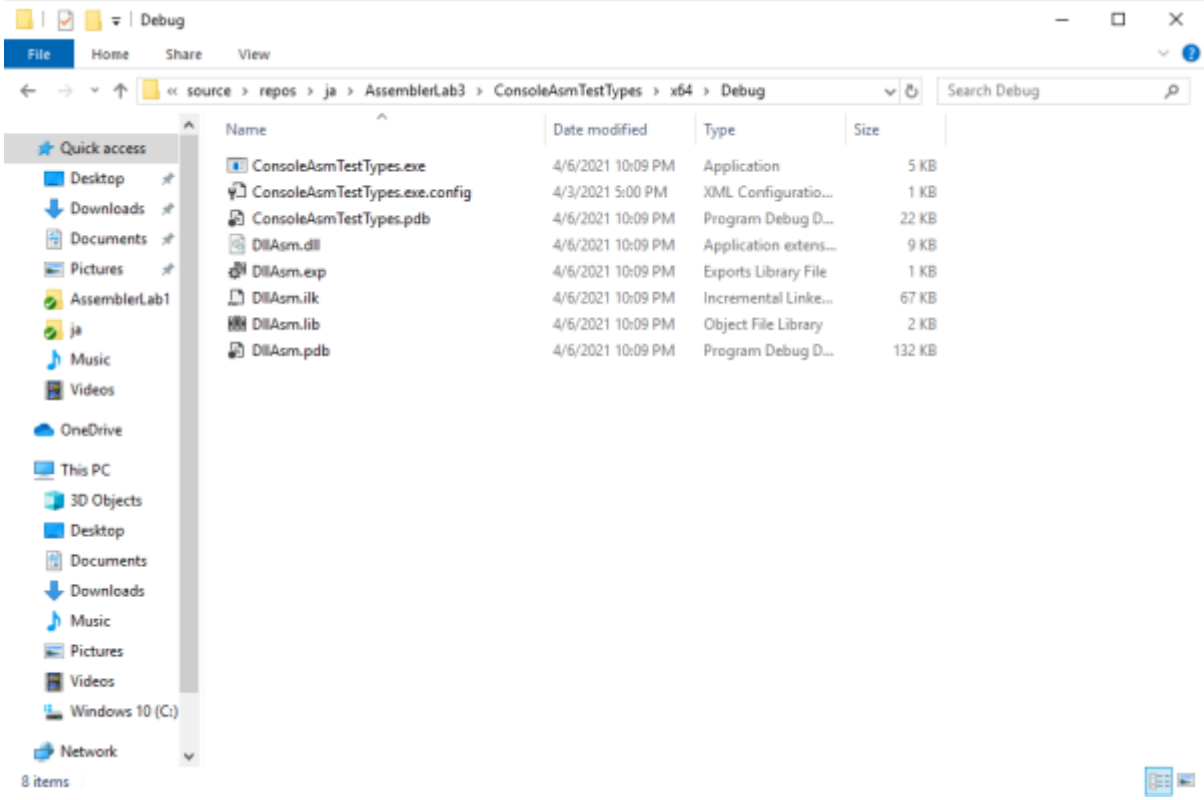
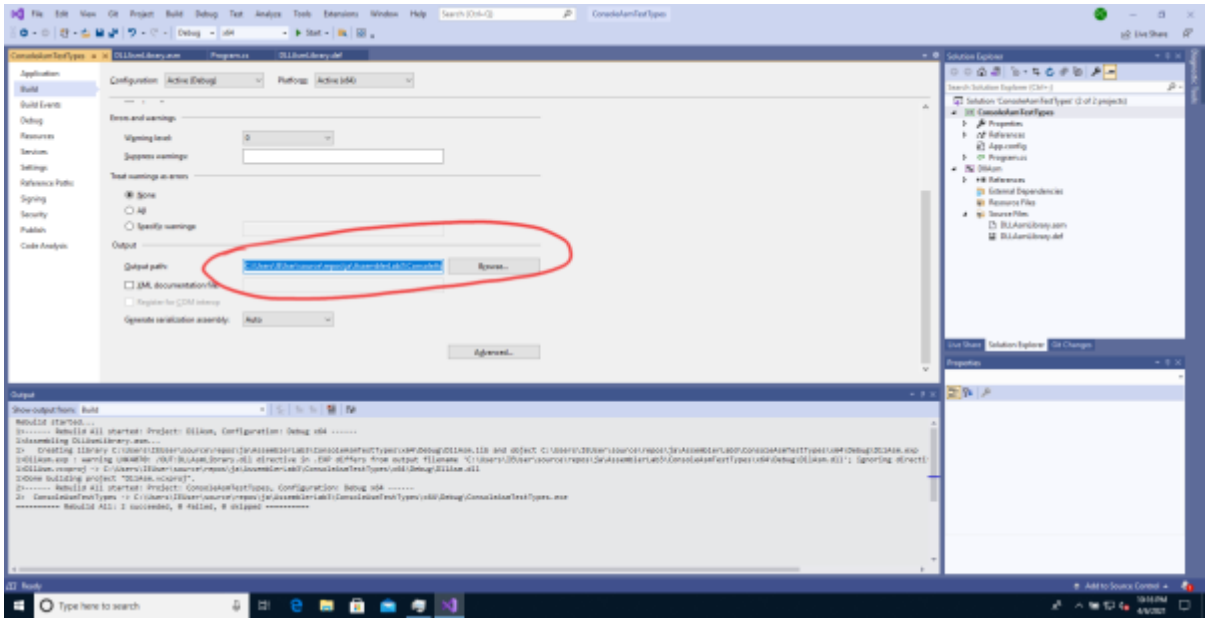


Fig. 13: Wspólny folder aplikacji konsolowej i bibloteki DLL

Aby uzyskać takie zachowanie, należy ustawić folder docelowy kompilacji w projekcie aplikacji w języku C#. We właściwościach projektu w języku C# należy wybrać opcję “Build” i w sekcji “Output” w pozycji “Output path” należy wskazać docelowy folder (rysunek 14):


Fig. 14: Konfiguracja folderu docelowego w aplikacji C# .NET


Przed wykonaniem pierwszej kompilacji folder nie zostanie założony, zatem nie będzie można go wybrać za pomoca przycisku [Browse...]. W związku z tym należy wykonać pustą kompilację wyłącznie projektu DLL w celu utworzenia folderu wynikowego.


Powyższa konfiguracja zapisuje na stałe ścieżkę w konfiguracji projektu. Oznacza to, że

zmiana z trybu Debug na Release wymaga zmiany ww. ścieżki!

1.6.4. Konfiguracja na potrzeby kodu unsafe oraz debuggowania

Do ustawienia pozostają jeszcze dwie opcje:

- Włączenie użycia kodu “unsafe”, o ile dyrektywa “unsafe” jest wymagana. Dyrektywy tej nie trzeba używać m.in. w przypadku wykorzystywania struktury `IntPtr` do przekazywania wskaźników oraz w przypadku przekazywania argumentów przez wartość, niemniej jednak zalecane jest jej włączenie. W tym celu we właściwościach projektu w języku C# należy w sekcji “Build” w grupie“General” zaznaczyć opcję “Allow unsafe code” (rysunek 15);
- Włączenie debuggowania kodu natywnego, co pozwoli na płynne przełączanie pomiędzy kodem wywołującym w C# i wywoływanym w assemblerze w jednej sesji debuggera. W tym celu we właściwościach projektu w jezyku C# należy wybrać sekcję “Debug”, a następnie w grupie opcji “Debugger engines” zaznaczyć opcję “Enable natie code debugging” (rysunek 16);

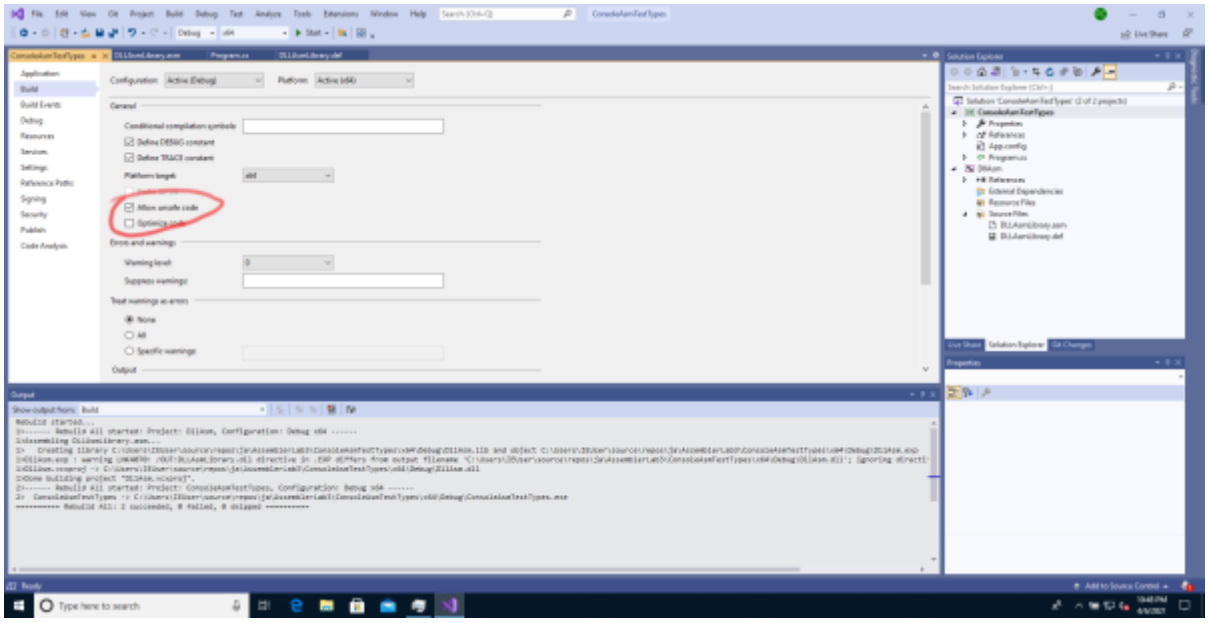


Fig. 15: Włączenie kodu unsafe

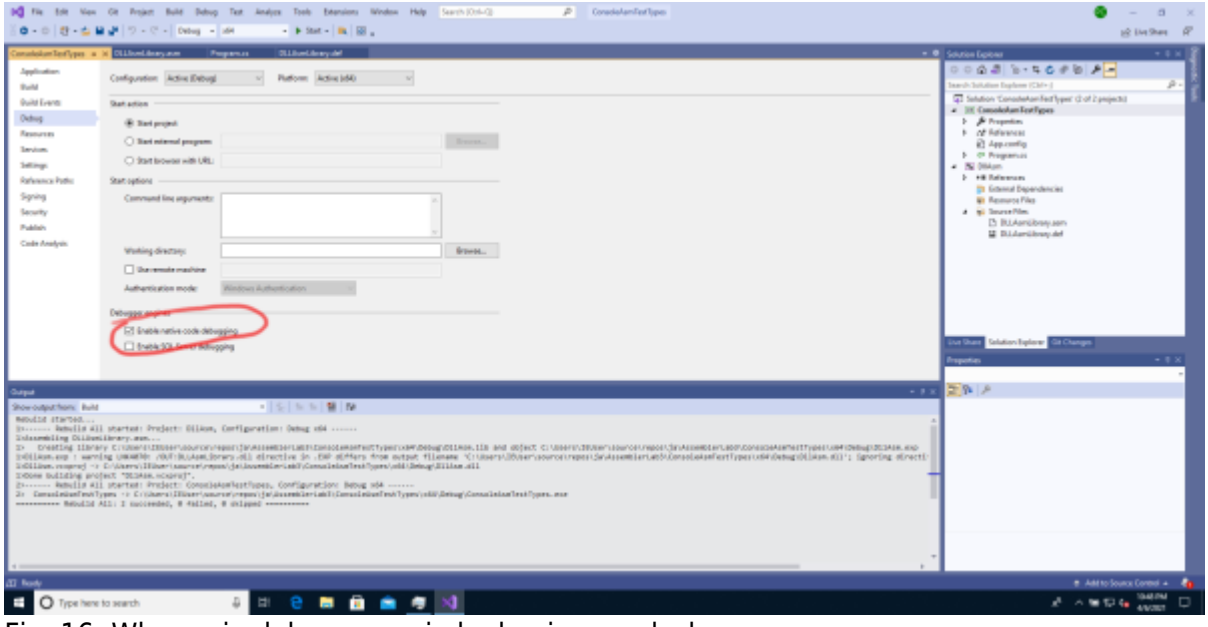


Fig. 16: Włączenie debuggowania kodu niezarządzalnego

1.7. Przekazywanie wskaźników z poziomi C# do funkcji w assemblerze

Przekazywanie typów złożonych (tablic, obiektów, struktur) jest możliwe wyłącznie za pomocą wskaźników. Wskaźniki te są przekazywane jako typy int, 64-bitowe, w rejestrach. Ich interpretacja po stronie funkcji wywoływanej należy do programisty. Nieniej jednak po stronie języka C# nie jest to tak oczywiste.

1.7.1. Przykład 1

Poniższy przykład prezentuje sposób uzyskania wskaźnika do tablicy. Deklaracja importowanej funkcji musi zostać uzupełniona o dyrektywę `unsafe`:

```
[DllImport("DLLAsm.dll")]
        private static unsafe extern int ProcAsm2(int* a, int pos);
```

Tablica wartości `int` (32-bitowe) została zadeklarowana po stronie kodu w .NET C# następująco:

```
int[] n1Array = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };
```

Wywołanie funkcji w bezpieczny sposób (z poinformowaniem Garbage Collectora o zablokowaniu relokacji / usuwania zmiennej z pamięci, stosując `fixed`):

```
unsafe
 {
   fixed(int* aAddress = &n1Array[0])
   {
      c = ProcAsm2(aAddress, 4);
   }
 }
```

W powyższym przykładzie pominięto przekazywanie do funkcji długości tablicy, gdyż jej rozmiar (6 elementów) jest z góry znany. W przypadku, gdy rozmiar tablicy jest zmienny, należy przekazać do funkcji w assemblerze jej długość jako osobny parametr.

Przykładowy kod w assemblerze, który zwraca wskazany element tablcy może wyglądać następująco:

```
ProcAsm2 proc
xor rax,rax
mov rax, rdx ;numer elementu tablicy do rax, potrzebujemy tylko ah (krótka
tablica)
mov dl,4 ; mnożnik, int to 4 bajty = 32 bity
mul dl ; rozmiar int to 4 bajty

mov eax, [rcx+rax]

ret
ProcAsm2 endp
```

1.7.2. Przykład 2

Przekazywanie złożonych struktur danych do assemblera wymaga zastosowania struktury przechowującej dane, aby uniknąć konieczności alokowania zmiennych na stosie. W szczególności wszystkie potrzebne dane można "spakować" po stronie C# i "rozpakować" po stronie assemblera, przekazując de-facto jedynie jeden wskaźnik na strukturę. Należy przy tym pamiętać, że jeśli wewnątrz struktury są wskaźniki do tablic i innych złożonych typów danych, to i one, każdy element z osobna musi być obłożony klauzulą `fixed` tak, aby Garbage Collector nie zmodyfikował podrzędnych danych.

Na potrzeby poniższego przykładu przyjmujemy, że chcemy przekazać do assemblera trzy tablice typu `byte` o różnich długościach.



W przypadku, gdyby liczba parametrów, które trzeba przekazać do funkcji przekraczała 4, aby nie musieć umieszczać ich na stosie, można po stronie C# zadeklarować strukturę zawierającą argumenty funkcji, a następnie przekazać do funkcji w assemblerze wskaźnik na tę strukturę, zamiast każdy z argumentów osobno. Po stronie assemblera należy wtedy tę strukturę "rozkodować"

Deklaracja struktury po stronie języka C# może wyglądać następująco (ważna jest kolejność zmiennych, bo w takiej kolejności będą się one potem pojawiały w pamięci):

```
public unsafe struct StructToAssembler //Deklaracja typu struktury. Uwaga - to nie jest zmienna, tylko typ
    {
        public byte* ptrA1;
        public int lenA1;
        public byte* ptrA2;
        public int lenA2;
        public byte* ptrA3;
        public int lenA3;
    }
```

Znaczenie poszczególnych elementów:

- `ptrA1` to wskaźnik na początek pierwszej tablicy bajtów;
- `lenA1` to długość ww tablicy (w elementach);
- analogiczne dla **…**A2 i **…**A3;



Uwaga. Struktura MUSI być oznaczona jako `unsafe`, ponieważ zawiera typy wskaźnikowe `byte*`



Dane wewnątrz struktury (zmienne) są "wyrównanie" do 8 bajtów (64 bitów). A zatem każdy z ww elementów składowych struktury zajmuje w pamięci 8 bajtów nawet, jeśli długość zmiennej na to nie wskazuje. Przykładowo pojedynczy, `byte` (zmienna) zajmuje w pamięci również 8 bajtów, z czego znaczący jest tylko pierwszy, najmłodszy. Oczywiście w przypadku pojedynczej zmiennej typu tablicowego, dane są



uszeregowane w ciągu, bez odstępu, zatem przykładowo `byte[8]` zajmuje 8 bajtów pod rząd, bez żadnego odstępu i wyrównywania.

Na potrzeby przykładu zostały tez utworzone 3 tablice bajtów oraz instancja ww. struktury typu `StructToAssembler`. Deklaracja ich jako statycznych wynika z faktu iż dane zostały zadeklarowane wewnątrz klasy statycznej `Program` odpowiadającej za przykładowy kod aplikacji typu CommandLine w języku C# (w innym kontekście, tablica bajtów może być np. skonwertowaną listą wartości RGB z bitmapy, danymi numerycznymi ładowanymi z pliku lub dowolna, inna forma, w tym może być zadeklarowana dynamicznie (vide a3):

```
public static byte[] a1 = { 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 };
public static byte[] a2 = { 3, 6, 9, 12, 15, 18 };
public static byte[] a3 = new byte[10]; //domyślnie zainicjalizowana zerami

public static StructToAssembler struktura = new StructToAssembler();
//instancja struktury
```

Prototyp funkcji importowanej z języka Assembler będzie zawierał wyłącznie jeden argument, który jest wskaźnikiem na instancję struktury przechowującej argumenty:

```
[DllImport("DLLAsm.dll")]
private static unsafe extern int ProcAsm3(StructToAssembler* structurePtr);
```

Bezpieczne przekazanie zmiennych (z zabezpieczeniem przed usunięciem / relokacją) wymaga użycia `fixed`. Uwaga - klauzule `fixed` mogą być zagnieżdżone, ponadto w ramach jednej klauzuli można “zablokować” więcej niż jedną zmienną, o ile są tego samego typu (występują tu drobne różnice w wersji frameworku .NET). Należy jednak pamiętać, że “zablokowanie” wskaźnika na strukturę nie oznacza automatycznie objęcia “blokadą” wszystkich zmiennych-członków tworzących strukturę, w szczególności w naszym przypadku, wskaźników na tablice `ptrA1`, `ptrA2` i `ptrA3`. W związku z tym w poniższym kodzie umieszczono dwie zagnieżdżone klauzule `fixed` (i oczywiście `unsafe`). Inicjalizacja elementów składowych struktury, tj. wyznaczenie wskaźników do tablic z danymi i ich zeskładowanie w strukturze oraz wyliczenie długości tablic jest dokonywane wewnątrz klauzul `fixed`, np. `byte* ptr = a1` oznacza wyznaczenie stałego, niemutowalnego za pomocą Garbage Collectora wskaźnika do tablicy `a1`. Wartość ta zostaje przypisana do struktury przed przekazaniem jej do funkcji: `struktura.ptrA1 = ptr1;`. Dodatkowo wyznaczona zostaje długość tablicy: `struktura.lenA1 = a1.Length;`. Całość przedstawiono na poniższym przykładzie. Oczywiście wskaźnik do struktury również musi być objęty klauzulą `fixed`, niezależnie od składowych struktury:

```
unsafe
{
   fixed (StructToAssembler* aAddress = &struktura)
   {
      fixed (byte* ptr1 = a1, ptr2 = a2, ptr3 = a3)
      {
         struktura.ptrA1 = ptr1;
         struktura.ptrA2 = ptr2;
         struktura.ptrA3 = ptr3;
         struktura.lenA1 = a1.Length;
         struktura.lenA2 = a2.Length;
         struktura.lenA3 = a3.Length;
```

```
            c = ProcAsm3(aAddress); //Wywołaj funkcję
        };
    }
}
```

Po stronie języka assembler można wykorzystać następujący kawałek kodu w celu “zdekodowania” struktury (kod jest nadmiarowy, niemniej jednak pozwala na debuggowanie krok po kroku i podglądanie wartości w debuggerze):

```
.data
ptr1 dq  0
len1 dd  0
ptr2 dq  0
len2 dd  0
ptr3 dq  0
len3 dd  0

...

.code
ProcAsm3 proc
mov rax,rcx
mov rbx, [rcx] ;adres dla pierwszego wskaznika w strukturze (wskaźnik na a1)
mov ptr1, rbx
mov ebx, [rcx+8] ;dlugosc a1
mov len1, ebx
mov rbx, [rcx+16] ;adres dla drugiego wskaznika w strukturze (wskaźnik na
a2)
mov ptr2, rbx
mov ebx, [rcx+24] ;dlugosc a2
mov len2, ebx
mov rbx, [rcx+32] ;adres dla drugiego wskaznika w strukturze (wskaźnik na
a3)
mov ptr3, rbx
mov ebx, [rcx+48] ;dlugosc a3
mov len3, ebx
ret
ProcAsm3 endp
```

Na poniższym rysunku przedstawiono postać zmiennej (struktury) `struktura` typu `StructToAssembler` umieszczonej w pamięci po stronie języka C#, a widzianej po stronie kodu niezarządzalengo w assemblerze (rysunek 17).

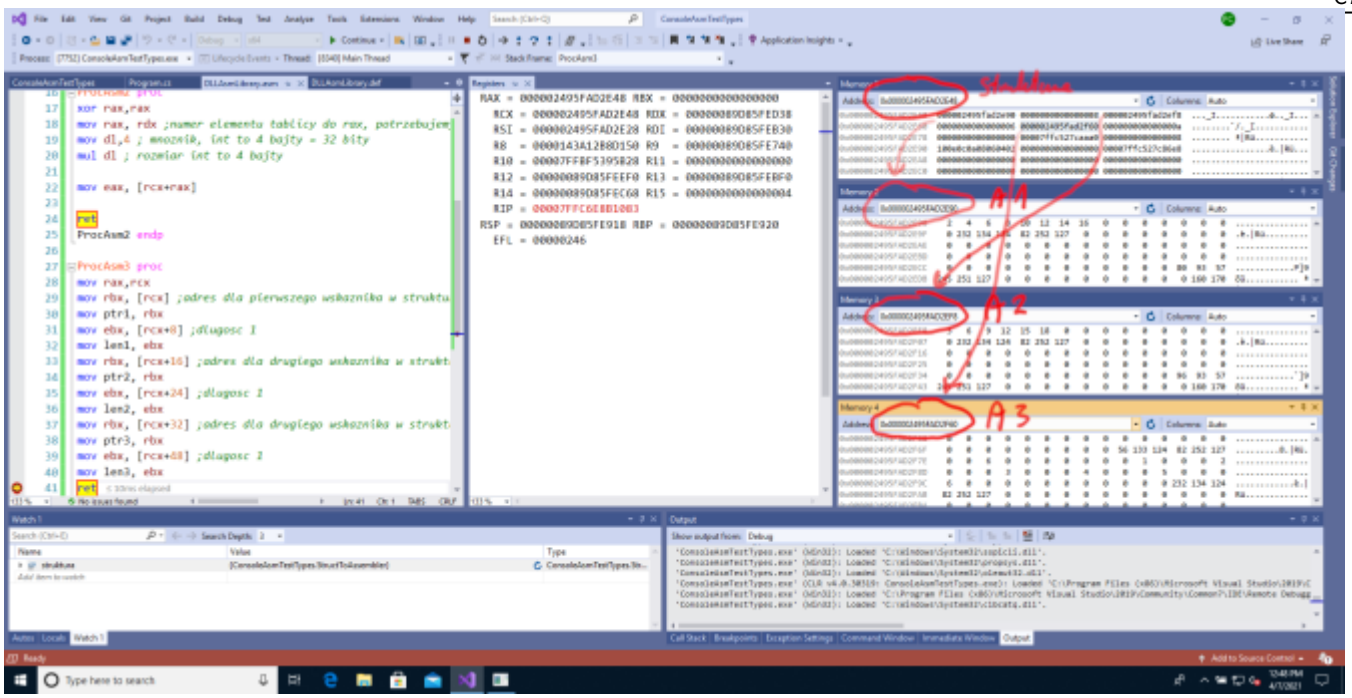


Fig. 17: Ułożenie zmiennej `struktura` i jej składowych w pamięci operacyjnej

Wskaźnik został przekazany przez rejestr `rcx`.
W okienku [Memory 1] dane prezentowane są w postaci liczb 64-bitowych (wskaźniki oraz `int` wyrównany do 64 bitów), odpowiedno w kolejności zgodnej z deklaracją typu `StructToAssembler`, a zatem jest to w kolejności:

- wskaźnik na tablicę `a1` (adres: 0x000002495fad2e90), czyli wartość przypisana za pomocą `struktura.ptrA1 = ptr1;`;
- rozmiar tablicy `a1` (8 elementów), czyli wartość pola `struktura.lenA1`;
- wskaźnik na tablicę `a2` (adres: 0x000002495fad2ef8), czyli wartość przypisana za pomocą `struktura.ptrA2 = ptr2;`;
- rozmiar tablicy `a2` (6 elementów), czyli wartość pola `struktura.lenA2`;
- wskaźnik na tablicę `a3` (adres: 0x000002495fad2f60), czyli wartość przypisana za pomocą `struktura.ptrA3 = ptr3;`;
- rozmiar tablicy `a3` (10 elementów, zapisane szesnastkowo jako '0x0a'), czyli wartość pola `struktura.lenA3`;

Uwaga - przy każdym uruchomieniu aplikacji te adresy będą (mogą być) inne, ponieważ pamięć jest alokowana dynamicznie. Natomiast klauzula `fixed` powoduje, że podczas wywołania procedury `ProcAsm3(aAddress);` wartości te nie ulegną zmianie.

1.7.2.1. Podgląd pamięci

Na rysunku 17 w okienku [Memory 2] widać zawartość pamięci odpowiadającej zmiennej `a1`, prezentowaną w postaci liczb dziesiętnych bez znaku, o długości bajtowej, zgodnie z tym, co zostało zadeklarowane po stronie języka C# (jest to w kolejności 2,4,6,8,10,12,14,16). Analogicznie [Memory 3] dla zmiennej `a2` i [Memory 4] dla zmiennej `a3`.

1.8. Zadanie do wykonania

W ramach laboratorium studenci zrealizują prostą aplikację konsolową, działającą w środowisku .NET w języku C#, która będzie wywoływała funkcje obliczeniowe, utworzone w kodzie niezarządzalnym, w języku Assembler, w postaci biblioteki dynamicznie dołączanej (DLL). Zmienne będą zadeklarowane po stronie .NET.

W szczególności, do wykonania są następujące zadania:

1. Zsumowanie wektora danych typu uint (zadeklarowanych po stronie ,NET w postaci tablicy jednowymiarowej o wymiarze 20 zmiennych). Funkcja ma zwracać pojedynczą wartość (przez rejestr). Wskaźnik na tablicę źródłową oraz jej długość należy podać do funkcji w assemblerze poprzez rejestry.
2. Obliczenie wartości średnich dla zestawu zmiennych przechowywanych w postaci dwóch wektorów o długości 16, typu float, pozycja po pozycji, wynikiem ma być wektor średnich (o długości 16). Funkcja nie zwraca żadnej wartości. Wyniki są umieszczane w tablicy zadeklarowanej po stronie ,NET i przekazanej do funkcji jako wskaźnik. Sugerowane jest użycie struktury do przekazania danych do funkcji. Docelową tablicę należy zadeklarować po stronie języka C#.

Powyższe operacje są od siebie niezależne, a zatem powinny być zrealizowane w ramach dwóch, niezależnych funkcji assemblerowych.

1.9. Metoda weryfikacji wyników

Kalkulacje obliczone ręcznie powinny pokrywać się z obliczeniami zaimplementowanymi w algorytmie.

1.10. Pomocne zasoby

Visual Studio 2019: https://visualstudio.microsoft.com/vs/

1)
https://visualstudio.microsoft.com/vs/
2)
https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/garbage-collection/
3)
https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/unsafe-code-pointers/
4)
https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/language-reference/keywords/fixed-statement

From:
https://dokuwiki.zmitac.aei.polsl.pl/ - **RAU6 Dokuwiki**

Permanent link:
https://dokuwiki.zmitac.aei.polsl.pl/pl:edu:zmitac:n1z:ja:lab3?rev=1618067837

Last update: **2021/04/10 17:17**