Windows-Multithreading

- DOS 2.0: Hintergrundprozesse als **„TSR-Programme“**:

  „Terminate and Stay Resident“ (d.h.: keine Speicher-Freigabe) ermöglichte Verfügbarkeit/ Reaktivierbarkeit (meist über „Hotkey“)

  – z.B.: Verwaltung / Versorgung von Druckaufträgen (Screenshot, Drucker-Spooler); nicht-englische Tastaturtreiber

- 16-Bit-Windows(1985): **Nicht-präemptives Multitasking**:

  Peripherie (Tastatur, Maus) konnte „Nachricht“ (Aufruf) auslösen, die inaktives Programm im Speicher aktivierte.

  Programm mußte für Kontroll-Abgabe konzipiert sein („kooperatives“ Multitasking), sonst Blockierung möglich.

- OS/2 (MS/IBM, 1988): **Präemptives Multitasking**:

  Sw („Presentation Manager“) ordnete Ereignisse den laufenden Prog. zu. Warten auf (serielle) Ereignis-Zustellg wirkte entgegen.

  – z.B.: lange Text-Sicherung verzögert Fokus-Wechsel

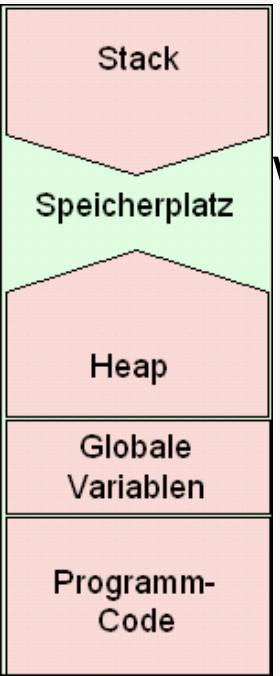
Windows-Multithreading

- 32-Bit-Windows (1995): **Multithreading**:

  Aufteilung der Anweisungsfolgen eines Programms in mehrere „Ausführungsstränge“, die parallel (präemptiv) ausgeführt werden.

  Der Hauptthread (*primary*) kann weitere (*secondary*) Threads erzeugen und diese wiederum andere. Alle Threads

  - erhalten (verdrängend) Kontrolle/CPU-Zeit wie separate Programme
  - bekommen eine eigene Nachrichtenwarteschlange zugewiesen
  - gehören zum selben Prozeß (teilen Speicher und **`static`**-Variablen)
  - haben eigene Stacks (lokale Var. und Prozessor-/Coproz.-Zustand)



Wichtige Kriterien bei der Einrichtung von Threads:

- Hauptthread f. Erzeugung v. Fenstern u. Verteilung v. Nachrichten, alle anderen zur Erledigung von Aufgaben im Hintergrund.
  - z.B.: Windows-Aufrufe jederzeit bedienen
- „1/10-sec-Regel“: was länger braucht, gehört in den Hintergrund
  - z.B.: Menü-/Programm-Nutzung während langwieriger Speicherung
- Thread-Abspaltung auf Sinnfälligkeit überprüfen
  - z.B.: Bildbearbeitung während Bildladen fragwürdig

Windows-Multithreading

Anlegen und Starten des Threads **`ThreadProc()`**:

```
#include <windows.h>          //genauer: winbase.h
HANDLE CreateThread (LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThrAttr,
                     DWORD dwStackSize, DWORD WINAPI ThreadProc,
                     LPVOID lpParam, DWORD dwFlags, LPDWORD lpThreadId);
```

Thread-Kennung

Sofortiges Beenden eines Threads (bei **`return`** entbehrlich):

```
VOID ExitThread (DWORD dwExitCode);//beendet ThreadProc
BOOL CloseHandle(HANDLE handle); //Resrc.freigabe(@TRUE)
```

Parameter:

`lpThrAttr`:	Zeiger auf interne Struktur (betr.InterProz.-Kommun.): **`NULL`**
`dwStackSize`:	Startwert Stackgröße (**`0`**: Standard ⇨ autom. Anpassung)
`ThreadProc`:	Adresse `DWORD WINAPI` **`ThreadProc (`**`PVOID` **`*lpParam)`**
`lpParam`:	(32-Bit-)Argument von **`ThreadProc()`**
`dwFlags`:	**`0`** o. **`CREATE_SUSPENDED`**: wartet bis **`ResumeThread`**-Aufruf
`lpThreadId`:	Zeiger auf 32-Bit-Var., die Thread-Kennung erhält (o. **`NULL`**)
`dwExitCode`:	Exit-Code (individuelle 32-Bit-Variable – z.B. **`lpParam`**)

Windows-Multithreading

Empfohlene Funktion zum Anlegen und Starten von **`ThreadProc()`**:

```
#include <process.h>
    unsigned long _beginthread(
                  void(__cdecl *ThreadProc)(void *),
                     unsigned uiStackSize, void *pParam);
```

Thread-Kennung (Handle)

Sofortiges Beenden und Ressourcen-Freigabe eines Threads:

```
void _endthread (void); //bei return entbehrlich
```

Parameter:

`ThreadProc`: Startadresse von `void` **`ThreadProc`**`(void` **`*pParam`**`)`

[genauer: `void __cdecl ThreadProc (void *pParam);`
`__cdecl`: „default calling convention for C / C++ programs“]

`uiStackSize`: anfängliche Stackgröße;
`0:` Standardwert (1 MB) – bei Bedarf automat. Anpassung

`pParam`: (32-Bit-)**`ThreadProc()`**-Argument; meist: Struktur-Zeiger

Einzige Möglichkeit zur Thread-Individualisierung!

Thread-Synchronisation (I)

Blockierung des generierenden (primären) Threads, damit seine Beendigung nicht vorzeitig die sekundären Threads beendet:

```
#include <windows.h>  //genauer: winbase.h

  DWORD WaitForMultipleObjects (DWORD nCount,
    CONST HANDLE *handle, BOOL WaitAll, DWORD msec);
```

Parameter:

nCount: Anzahl zu synchronisierender (sekundärer) Threads

handle: Zeiger auf Feld mit (Thread- o. anderen Objekt-)Handles

WaitAll: Typ des Wartens (**TRUE**: warten auf alle Threads;
FALSE: warten, bis irgendein Thread fertig ist)

msec: max. Wartezeit in Millisekunden (**INFINITE**: beliebig)

Rückgabewert: Grund zur Beendigung des Wartens (Kennzahl)

Beispiel: Multi-Timer

```
typedef struct
{ time_t start, tBell[NUM];
} timerDat; //#define NUM 5
```

```
void bell(void *idx)
{static timerDat *tim=NULL;
 time_t tj=0,tTick=0;//int j1=0;
 if (!tim) tim = init();
 do { time(&tj);
 if (tj>=tTick){ system(CLS);
  /*(...)*/

 for (j1=0; j1<NUM; j1++)
  /*..printf()..*/;
      tTick++; }
} while(tj<tim->tBell[(int)idx]);
 printf("\a"); // beep
                return; }
```

```
timerDat *init(void) //Speicher:
{static timerDat tim;
 tim.tBell[0]=5; tim.tBell[1]=10;
 tim.tBell[2]=15; tim.tBell[3]=8;
 tim.tBell[4]=7;
 time(&tim.start); return(&tim);
}
```

```
void multiBell(void)
{int j1=0;

for(j1=0;j1<NUM;j1++)
                bell((void*)j1);



 return;
}
```

int ⇔ Zeiger konvertierbar

```
int main (void)
{ multiBell(); system(CLS);
  return 0; }
```

(MultiBell.exe)

Beispiel: Multi-Timer (Thread-Version)

```
typedef struct
{ time_t start, tBell[NUM];
} timerDat; //#define NUM 5
```

```
void bell(void *idx)
{static timerDat *tim=NULL;
 time_t tj=0,tTick=0;//int j1=0;
 if (!tim) tim = init();
 do { time(&tj);
 if (tj>=tTick){ system(CLS);
  /*(...)*/

 for (j1=0; j1<NUM; j1++)
  /*..printf()..*/;
      tTick++; }
} while(tj<tim->tBell[(int)idx]);
 printf("\a"); // beep
_endthread(); return; }
```

```
timerDat *init(void) //Speicher:
{static timerDat tim;
 tim.tBell[0]=5; tim.tBell[1]=10;
 tim.tBell[2]=15; tim.tBell[3]=8;
 tim.tBell[4]=7;
 time(&tim.start); return(&tim);
}
```

```
void multiBell(void)
{int j1=0;
 unsigned long hThread[NUM];
for(j1=0;j1<NUM;j1++)hThread[j1]=
_beginthread(bell,0,(void*)j1);
 WaitForMultipleObjects(NUM,
     (CONST HANDLE)hThread, TRUE,
     INFINITE); return;
}
```

```
int main (void)
{ multiBell(); system(CLS);
  return 0; }
```

(MultiBellThread.exe)

Thread-Synchronisation (II)

Einrichtung kritischer Abschnitte zur Verhinderung v. Kollisionen bei Inanspruchnahme exklusiv nutzbarer Ressourcen; Implementierung als Instanz einer (Windows-internen) Struktur **`LPCRITICAL_SECTION`**, die nur durch 4 Systemfunktionen manipuliert werden darf:

```
#include <windows.h> //genauer: winbase.h
```

Vereinbarung und Initialisierung der benötigten Struktur für den Schutz einer Ressource:

```
CRITICAL_SECTION cs;
VOID InitializeCriticalSection(LPCRITICAL_SECTION *cs);
```

Eintritt in den bzw. Austritt aus dem kritischen Abschnitt:

```
VOID EnterCriticalSection (LPCRITICAL_SECTION *cs);
VOID LeaveCriticalSection (LPCRITICAL_SECTION *cs);
```

zeit-kritisch!

Freigabe der Ressourcen eines kritischen Abschnitts:

```
VOID DeleteCriticalSection (LPCRITICAL_SECTION *cs);
```

Beispiel: Multi-Timer (Thread/CS-Version)

```
typedef struct
{/*...*/ CRITICAL_SECTION cs4pr;
} timerDat;
```

Thread-Identifikation!

```
void bell(void *idx)
{ static timerDat *tim=NULL;
  if (!tim) tim = init();
  /* (...) */
  EnterCriticalSection
                    (&tim->cs4pr);
  /*system(CLS); printf(...)*/
  LeaveCriticalSection
                    (&tim->cs4pr);
  /* (..._endthread();...) */
  return;
}
```

```
void multiBell(void)
{ int j1=0;
  unsigned long hThread[NUM];
  static timerDat *tim=NULL;
  if (!tim) tim = init();
  InitializeCriticalSection
                    (&tim->cs4pr);
  for (j1=0; j1<NUM; j1++)
  { hThread[j1] = _beginthread
       (bell,0,(void *)j1);
  }
  WaitForMultipleObjects
  (NUM, (CONST HANDLE)hThread,
              TRUE, INFINITE);
  DeleteCriticalSection
                    (&tim->cs4pr);
  return;
}
```

„universeller Zeiger“!

(MultiBellThreadCS.exe)

Übung:

Erweiterung des Programms **`TestThreadCS.c`** um folgende Bedienungsmöglichkeiten:

- Das Programm kann vorzeitig mit der ESC-Taste beendet werden;
- Drücken einer Ziffer [0...NUM-1] hebt die Weckzeit mit dem gleichen Index auf.

Tip:

Die Anweisung **`_kbhit()`** soll nicht verfügbar sein. Dafür liest ein zusätzlicher Thread die Tastatur mit **`_getch()`** ab.

Windows-Multithreading

Thread-Synchronisation (III)

```
#include <windows.h>        //genauer: winbase.h
```

Thread-Blockierung (-Suspendierung) für **msec** Millisekunden:

```
VOID Sleep(DWORD msec);
```

Verknüpfg d. **WaitFor**...-Funktionen mit Ereignissen ohne Handle:

„Event“ erzeugen, setzen, zurücksetzen:

```
HANDLE   CreateEvent   (LPSECURITY_ATTRIBUTES   lpThrAttr,
 BOOL bManReset,BOOL bInitState,LPCTSTR lpName);
BOOL SetEvent (HANDLE handle);//Event gesetzt(return!=0)
BOOL ResetEvent(HANDLE handle);//Ev.zurückgesetzt(r.!=0)
```

Event-Kennung

Parameter:

lpThrAttr :	Zeiger auf interne Struktur (betr.InterProz.-Kommun.): **NULL**
bManReset :	Erwartetes Zurücksetzen (**TRUE**=„manuell“: durch Aufruf v. **ResetEvent**; **FALSE**: autom., nach d. ersten Thread-Start)
bInitState :	Anfangszustand (**TRUE**: gesetzt; **FALSE**: zurückgesetzt)
lpName :	Zeiger auf Event-Namen(„sz“:"**s**tring terminated with a **z**ero")

Windows-Multithreading

Bemerkungen zu den vorausgegangenen Folien:

- **Hotkey**: Taste(nkombination) zur Aktivierung einer bestimmten Rechner-(BS-) Funktion.
- **Spool**: Simultaneous Peripheral Operations OnLine
- **Nonpreemptive (cooperative) Multitasking** wird ins Deutsche als „nicht-verdrängender Mehrprozeßbetrieb“ übertragen („preemption“ bezeichnet allg. das Vorkaufsrecht).
- **Thread** wird ins Deutsche als „Ausführungsstrang“ übertragen (engl. für: „Faden, Garn, Zwirn“) ⇨ Abwicklungsfolge: Kleinste Verarbeitungseinheit (BS, Appl.), der Rechenzeit zugewiesen wird.
- Typische Größenangaben: max. 2028 Threads je 1MB Stack; 20 msec (=1/50 sec) je Time Slice
- Der Bezeichner **__cdecl** ist (nur) insofern von Interesse, als er die Standard-Einstellungen des Compilers wieder einsetzt, falls sie zuvor außer Kraft gesetzt worden waren.
- Die Funktion **`DWORD WaitForSingleObject(HANDLE handle,DWORD msec);`** wurde hier nicht näher besprochen, weil sie gegenüber **`WaitForMultipleObjects`** (abgesehen vom Handle-Typ **`HANDLE`** gegenüber **`CONST HANDLE`**) hauptsächlich eine eingeschränkte Funktionalität bietet.
- **`CreateThread()`** hat gegenüber **`_beginthread()`** den Vorzug, daß sein Bezeichner, seine verwendeten Datentypen und sein "Outfit" zu einer "Familie" gehören (vgl. CreateWindow).

  Seine Nachteile sind (u.a.):
  - Es benötigt mehr (und selten genutzte) Parameter, getrenntes `Exit` und `Close` (Erlernen, Rechenzeit, Fehler-Quellen);
  - Es erfordert eine Thread-Funktion vom nicht-universellen Typ `DWORD WINAPI ThreadProc();`
  - Es kann zu „geringem Speicherschwund“ (small memory leaks) führen, wenn es mit der C-Laufzeitbibliothek verwendet wird. (BS bzw. Applikation)
- Bsp.: s. SysProg-Klausur WS 04/05