МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Семена Кузнеця

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Семена Кузнеця

Лекція № 5

Змістовний модуль № 1: Системне програмування в Windows

по курсу "**Системне програмування**"

Тема лекції: Засоби міжпроцесного взаємодії

Лектор:
Доцент кафедри Інформаційних систем
кандидат технічних наук, доцент
Голубничий Дмитро Юрійович

27.09.2021

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Засоби міжпроцесного обміну даними.
2. Синхронізація потоків в режимі ядра.
3. Синхронізація потоків у виконавчій системі.
4. Синхронізація потоків в режимі користувача.

Вступ

Рис. 1. Класифікація засобів взаємодії між процесами

СИНХРОНІЗАЦІЯ - узгодження швидкостей потоків шляхом припинення потоку до настання деякої події і подальшій його активізації при настанні цієї події

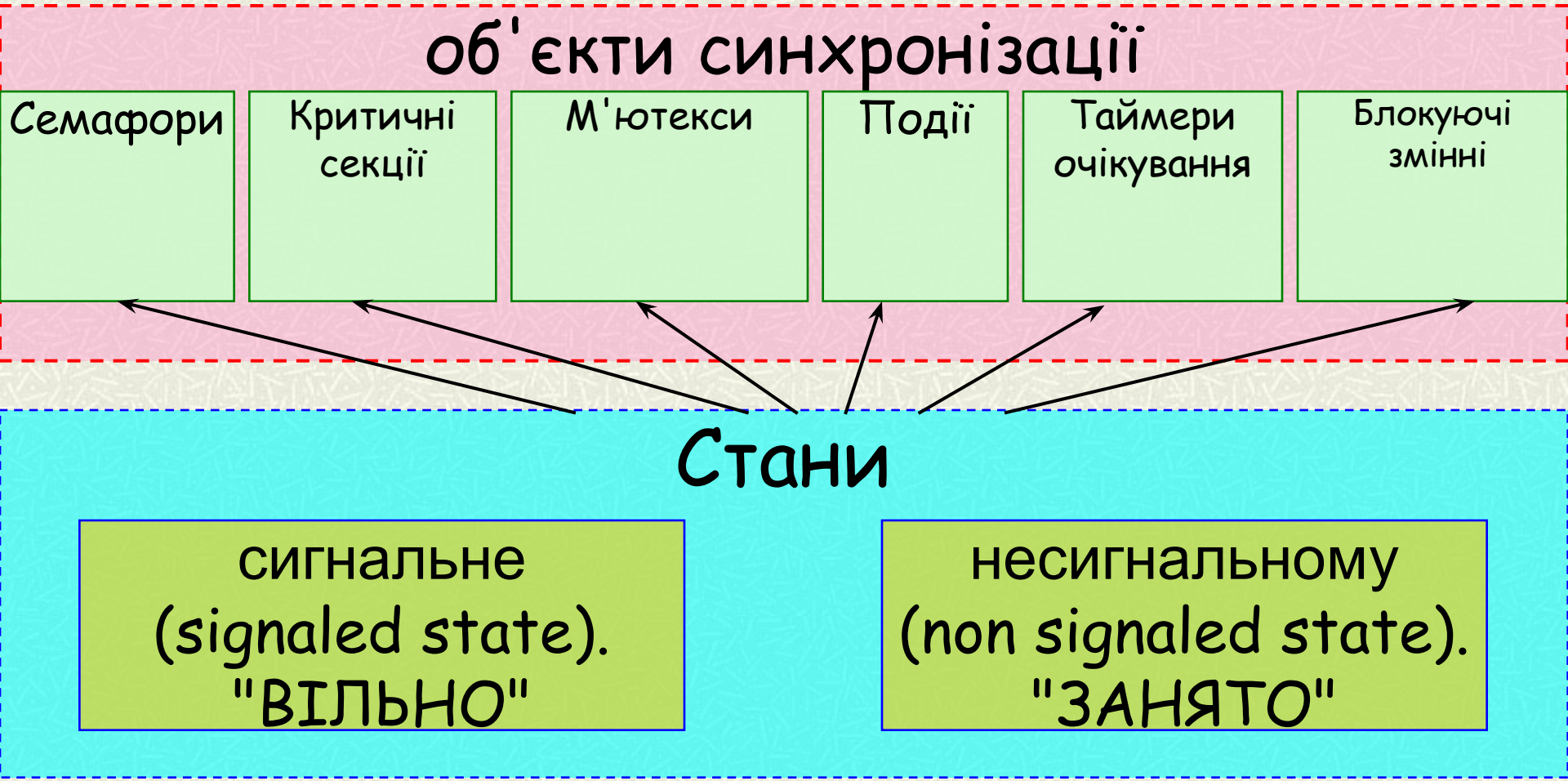


Рис. 2. Види станів об'єктів синхронізації

1.1. Буфер обміну

Буфер обміну (clipboard) Windows забезпечує простий обмін даними між додатками

Рис. 1. Взаімодія між власником і клієнтом буфера обміну

Приклади визначених форматів буфера обміну

Формат буфера обміну	*Тип дескриптора*	*опис* даних
CF_BITMAP	HBITMAP	Дані являють собою набір бітів.
CF_DSPTEXT	HANDLE	Приватний для додатка текст.
CF_DSPBITMAP	HBITMAP	Растрове зображення, яке є приватним для додатка.
CF_GDIOBJFIRST	HGDIOBJ	Описані додатком формати наскрізного буфера обміну (throughclipboard), представлені об'єктами GDI
CF_OEMTEXT	HANDLE	Об'єкт пам'яті, який містить завершується нулем рядок символів набору OEM.
CF_OWNERDISPLAY	NULL	Вказує, що власник буфера обміну буде відповідати за відображення даних, а також оновлює вікна перегляді буфер обміну. Вікно перегляду буфера обміну відправляє власнику повідомлення**WM_ASKCBFORMATNAME, WM_PAINTCLIPBOARD, WM_HSCROLLCLIPBOARD, WM_SIZECLIPBOARD і WM_VSCROLLCLIPBOARD.**
від CF_PRIVATEFIRST до CF_PRIVATELAST		Цей діапазон позначає приватні формати буфера обміну. Windows не керує цими форматами. Власник буфера обміну повинен управляти ресурсів »**через повідомлення WM_DESTROYCLBOARD.**
CF_RBIFF	HANDLE	Складна підтримка звукових даних.
CF_TEXT	HANDLE	Об'єкт пам'яті, що містить рядок символів, завершується нулем.
CF_TIFF	HANDLE	Формат дескриптора файлу зображення.
CF_UNCODETEXT	HANDLE	Об'єкт пам'яті, що містить завершується нулем рядок у форматі багатобайтові глобального коду символів Unicode.
CF_WAVE	HANDLE	Стандартна підтримка Wave-файлів.

Формат CF_OWNERDISPLAY

Повідомлення	Значення
WM_ASKCBFORMAT-NAME	Відправляється, коли вікно перегляду буфера обміну запитує ім'я формату. Власник буфера обміну повинен скопіювати байти **wParam** в буфер, на який вказує параметр **lPrarm.**
WM_PAINTCLIPBOARD	Відправляється, коли клієнтська область вікна буфера обміну вимагає оновлення. параметр **wParam** є дескриптором вікна перегляду буфера обміну. параметр**lParam** є покажчиком на **PAINTSTRUCT.**
WM_SIZECLIPBOARD	Відправляється при зміні розміру клієнтської області вікна перегляду буфера обміну. параметр **wParam** є дескриптором вікна перегляду буфера обміну. параметр**lParam** - покажчик на структуру RECT.
WM_HSCROLLCLIPBOARD і **WM_VSCROLLCLIP-BOARD**	Відправляється при прокручуванні клієнтської області вікна перегляду буфера обміну. параметр **wParam** є дескриптором вікна перегляду буфера обміну. Молодше слово параметра**lParam** позначає тип запиту смуги прокрутки (подібно параметру wParam в повідомленні WM_HSCROLL або WM_VSCROLL). Старше слово параметра**lParam** вказує позицію бігунка тоді і тільки тоді, коли смуга прокрутки запитує **SB_THUMBPOSITION.**

1.2. Атоми

Атом (atom) **являє собою унікальне 16-розрядне значення, яке пов'язане зі строковою константою. Значення рядка, яке представляє атом, відоме під назвою *імені атома (atom name)*.**

Операції з атомами

1. **Збереження рядка в локальній таблиці атомів**

   ATOM **AddAtom** (LPCTSTR *lpszStringToStore*)

2. **Зменшення лічильника посилань на атом**

   ATOM **DeleteAtom** (ATOM *nAtom*)

3. **Пошук атома**

   ATOM **FindAtom** (LPCTSTR *lpszString*)

4. **Повернення імені атома з таблиці атомів**

   UINT **GetAtomName** (ATOM *nAtom*, LPTSTR *lpBuffer,* int *nSize)*

5. **Встановлення кількості елементів верхнього рівня в локальній таблиці атомів**

   BOOL **InitAtomTable** (DWORD *nSize*)

Приклади роботи з атомами

```
LPCTSTR szAtom = "Atom";
LRESULT CALLBACK WndProc (HWND hWnd, UINT uMsg, WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
  switch (uMsg)
  {
    case WM_CREATE:
// Збільшити до 73 число елементів у верхній частині таблиці атомів.
        InitAtomTable(73);
        break;
   case WM_PAINT:
      {
        // Показати результати пошуку атома.
        static PAINTSTRUCT ps;
        static char szWorkArea [33];
        static char szBuffer [128];
        static ATOM aAnAtom;
        aAnAtom = INVALID_ATOM;
        BeginPaint (hWnd, & ps);
        if (aAnAtom = FindAtom(SzAtom))
        {
          GetAtomName(AAnAtom, szWorkArea, 32);
                wsprintf (szBuffer, "атом НЕ знайдений. ", SzWorkArea);
        }
        else
          lstrcpy( szBuffer, "Атом може бути доданий." );
TextOut( ps.hdc, 0, 0, szBuffer, lstrlen( szBuffer ));
        EndPaint (hWnd, & ps);
      }
      break;
   case WM_COMMAND:
        switch (LOWORD (wParam))
        {
          case IDM_ADD:
              // ввести атом.
              AddAtom(SzAtom);
              InvalidateRect (hWnd, NULL, TRUE);
              break;
          case IDM_DELETE:
              // Знайти і видалити атом.
              if ( FindAtom(SzAtom))
                DeleteAtom(FindAtom (szAtom));
              InvalidateRect (hWnd, NULL, TRUE);
              break;
   . . .
```

Застосування цілих атомів

```
char szStoredString [6];
WORD wValue = 100;
ATOM aValue = AddAtom(MAKEINTATOM(wValue));
// значення атома одно 100.
// рядок буде містити число "#100".
GetAtomName( aValue, szStoredString, 6 );
```

1.3. Канали передачі даних

дозволяють

Організувати передачу даних між локальними процесами

Організувати передачу даних між процесами, запущеними на різних робочих станціях в мережі

стандарт UNC

Стосовно до каналів (в загальному вигляді)

\\ІмяСервера\pipe\Ім'я_Канала

Стосовно до каналів (для одного комп'ютера)

\\.\Pipe\Ім'я_Канала

ФУНКЦІЇ ДЛЯ РОБОТИ З КАНАЛАМИ

№ п/п	Функція	Призначення
1.	CreatePipe ()	Створення анонімного каналу
2.	CreateNamedPipe ()	Створення іменованого каналу
3.	ConnectNamedPipe ()	Установка з'єднання з каналом з боку сервера
4.	CreateFile ()	Установка з'єднання з каналом з боку клієнта
5.	DisconnectNamedPipe ()	Відключення серверного процесу від клієнтського процесу
6.	CloseHandle ()	Закриття хендлом каналу
7.	WriteFile ()	Запис даних у відкритий канал
8.	ReadFile ()	Читання даних з каналу
9.	PeekNamedPipe ()	Читання даних з каналу без видалення
10.	CallNamedPipe ()	Прийом / передача даних від каналу
11.	TransactNamedPipe ()	Прийом / передача даних від каналу
12.	WaitNamedPipe ()	Очікування процесом доступу до каналу для з'єднання
13.	SetNamedPipeHandleState ()	Змінити режими роботи для вже створеного каналу.
14.	GetNamedPipeHandleState ()	Визначити стан каналу.
15.	GetNamedPipeInfo ()	Отримати інформацію про іменований канал

Режими роботи каналу

HANDLE CreateNamedPipe (LPCTSTR *lpName*, DWORD *dwOpenMode*, DWORD *dwPipeMode*, DWORD *nMaxInstances*, DWORD *nOutBufferSize*, DWORD *nInBufferSize*, DWORD *nDefaultTimeOut*, LPSECURITY_ATTRIBUTES *lpSecurityAttributes*)

DWORD *dwOpenMode*

- Способи передачі даних через канал
  - Передача потоку байт (**PIPE_TYPE_BYTE**)
  - Передача повідомлень (**PIPE_TYPE_MESSAGE**)
- Режим відкриття каналу
  - Тільки для читання PIPE_ACCESS_INBOUND
  - Тільки для запису PIPE_ACCESS_OUTBOUND
  - Для читання і запису PIPE_ACCESS_DUPLEX
- прапори захисту

DWORD *dwPipeMode*

- Способи використання каналу
  - Читання в режимі послідовної передачі байт (PIPE_READMODE_BYTE)
  - Читання в режимі передачі окремих повідомлень (PIPE_READMODE_MESSAGE)
  - PIPE_WAIT - Блокуючий режим
  - PIPE_NOWAIT - Неблокуючий режим

Приклад 1 Створити іменований канал з ім'ям $MyPipe$

Рішення

```
// Ідентифікатор каналу Pipe
HANDLE hNamedPipe;
// Ім'я створюваного каналу Pipe
LPSTR lpszPipeName = "\\\\. \\ pipe \\ $ MyPipe $";
// Створюємо канал Pipe, що має ім'я lpszPipeName
  hNamedPipe = CreateNamedPipe( lpszPipeName,
PIPE_ACCESS_DUPLEX,                    //режим відкриття каналу
PIPE_TYPE_MESSAGE | PIPE_READMODE_MESSAGE | PIPE_WAIT,//режим роботи
PIPE_UNLIMITED_INSTANCES, // максимальна кількість реалізацій каналу
512,                    // розмір вихідного буфера в байтах
512,                    // розмір вхідного буфера в байтах
100,                // час очікування в мілісекундах
NULL);                  // покажчик на атрибути захисту
// Якщо виникла помилка, виводимо її код і зваершаем роботу додатка
  if (hNamedPipe == INVALID_HANDLE_VALUE)
  {
    fprintf (stdout, "CreateNamedPipe: Error% ld \ n",
      GetLastError ());
    getch ();
    return 0;
  }
```

З'єднання з каналом з боку сервера

BOOL ConnectNamedPipe (
HANDLE *hNamedPipe*, *// хендл іменованого каналу*
LPOVERLAPPED *lpOverlapped* *// покажчик на структуру OVERLAPPED*
)

асинхронний режим

синхронний режим

NULL

структура **OVERLAPPED**

```
typedef struct _OVERLAPPED {
DWORD Internal;      //стан системи
DWORD InternalHigh;     // число прочитаних або записаних байтів
DWORD Offset;  // молодші розряди зміщення у файлі
DWORD OffsetHigh; // старші розряди зміщення в файлі
HANDLE hEvent;      // хендл об'єкта синхронізації
} OVERLAPPED, * LPOVERLAPPED;
```

Відключення серверного процесу від клієнтського процесу

BOOL DisconnectNamedPipe (HANDLE *hNamedPipe*)

З'єднання з каналом з боку клієнта

```
HANDLE CreateFile (
LPCTSTR lpFileName, // покажчик на рядок імені файлу (каналу)
DWORD dwDesiredAccess, //режим доступу
DWORD dwShareMode, // режим спільного використання файлу
LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecurityAttributes, // атрибути захисту
DWORD dwCreationDistribution, // параметри створення
DWORD dwFlagsAndAttributes, // атрибути файлу
HANDLE hTemplateFile  // хендл файлу з атрибутами
)
```

DWORD *dwShareMode*

Константа	*опис*
NULL	Спільне використання файлу заборонено
FILE_SHARE_READ	Інші процеси можуть відкривати файл для читання
FILE_SHARE_WRITE	Інші процеси можуть відкривати файл на запис

Закриття іменованого каналу

CloseHandle (HANDLE *hNamedPipe*).

Приклад 2

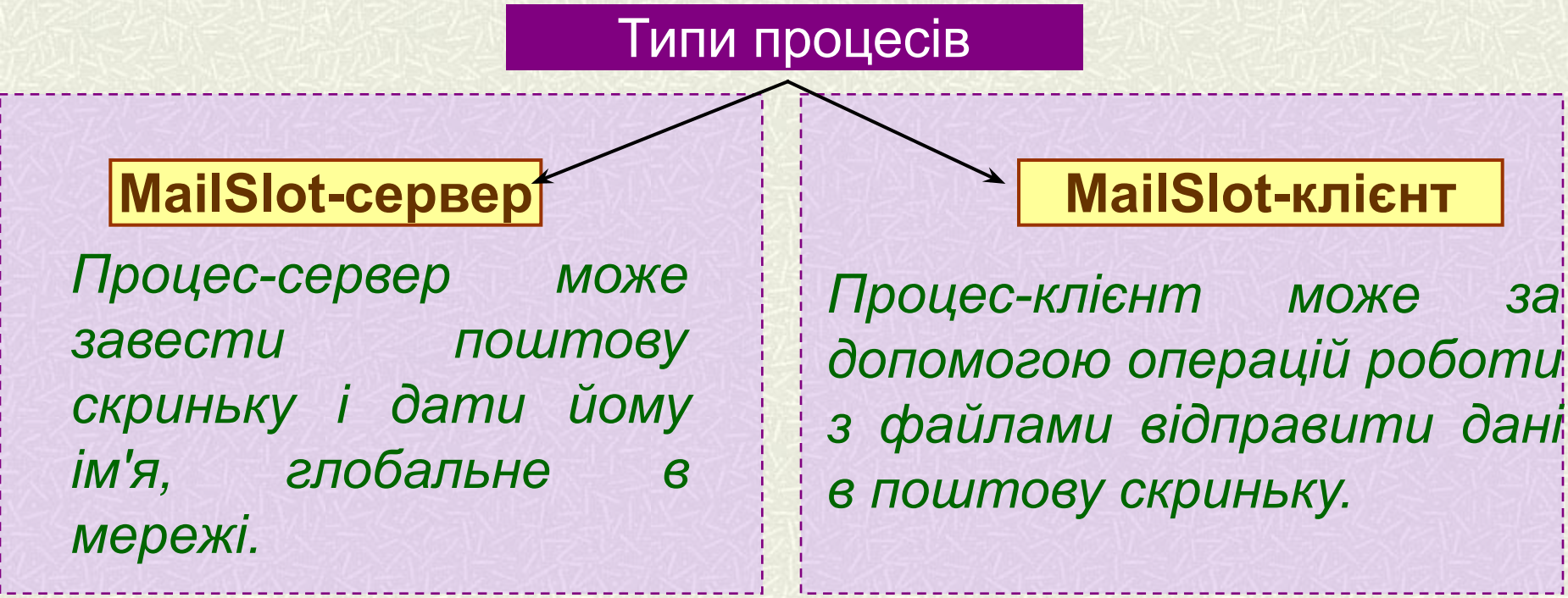
Фрагмент клієнтського додатка, який відкриває канал з ім'ям $MyPipe$. Канал відкривається як для запису, так і для читання

Рішення

```
   char szPipeName [256];
   HANDLE hNamedPipe;
   strcpy (szPipeName, "\\\\. \\ pipe \\ $ MyPipe
$");
   hNamedPipe = CreateFile(
        szPipeName, GENERIC_READ | GENERIC_WRITE,
        0, NULL, OPEN_EXISTING, 0, NULL);
```

1.4.Поштові канали передачі даних (MailSlot)

MailSlot - це файл, що знаходиться в пам'яті, доступ до якого здійснюється стандартними файловими функціями Win32. Загальний розмір даних не може бути більше **64K.**



Сервер не може виконувати над каналом Mailslot операцію запису, так як цей канал призначений тільки для односторонньої передачі даних - від клієнта до сервера.

Функції для роботи з каналами MailSlot

Функція	*Призначення*
CreateMailslot()	Створення каналу MailSlot
CloseHandle()	Закриття хендлом каналу
GetMailslotInfo()	Визначення поточного стану каналу Mailslot.
SetMailslotInfo()	Зміна часу очікування для каналу Mailslot після його створення

стандарт UNC

Стосовно до поштових каналах (всередині мережі)

\\ім'я комп'ютера\Mailslot\[Шлях]Ім'я_Канала

Стосовно до поштових каналах (всіх комп'ютерів домену)

\\.\Mailslot\[Шлях] Ім'я_Канала

Стосовно до поштових каналах (одночасно всіх станціях мережі)

***\Mailslot\[Шлях] Ім'я_Канала**

Приклад 3

Створення каналу Mailslot

```
LPSTR lpszMailslotName = "\\\\.\\mailslot\\$MailslotName$";
hMailslot = CreateMailslot (lpszMailslotName, 0,
MAILSLOT_WAIT_FOREVER, NULL);
```

Відкриття каналу Mailslot

```
LPSTR lpszMailslotName = "\\\\.\\mailslot\\$MailslotName$";
hMailslot = CreateFile (lpszMailslotName, GENERIC_WRITE,
FILE_SHARE_READ, NULL, OPEN_EXISTING, 0, NULL);
```

Запис повідомлень в канал Mailslot

```
   HANDLE hMailslot;
   char szBuf[512];
   DWORD cbWritten;
   WriteFile (hMailslot, szBuf, strlen (szBuf) + 1, &
cbWritten, NULL);
```

Читання повідомлень з каналу Mailslot

```
   HANDLE hMailslot;
   char szBuf [512];
   DWORD cbRead;
   ReadFile (hMailslot, szBuf, 512, & cbRead, NULL);
```

1.5.Передача повідомлень між процесами

Метод заснований на передачі повідомлення WM_COPYDATA за допомогою функції SendMessage()

wParam - ідентифікатор вікна, що посилає повідомлення.

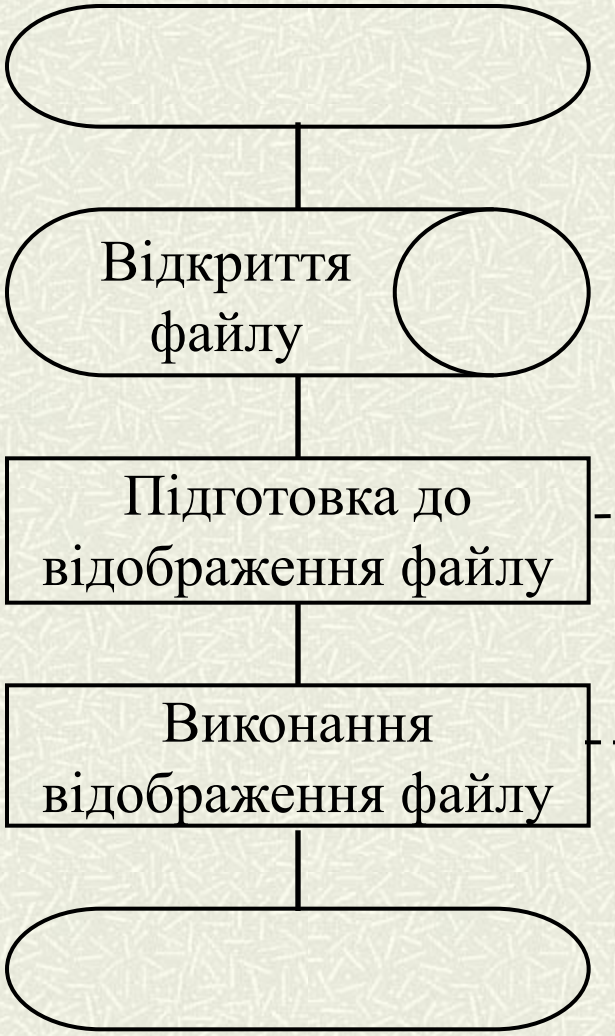
lParam - покажчик на попередньо заповнену структуру **COPYDATASTRUCT**

```
typedef struct tagCOPYDATASTRUCT
{
DWORD dwData; //32-розрядні дані
DWORD cbData; // розмір переданого буфера з даними
PVOID lpData; // покажчик на буфер з даними
} COPYDATASTRUCT;
```

Передача даних не вимагає синхронізації

1.6.Колективна пам'ять

Колективна пам'ять є собою сегмент фізичної пам'яті, відображеної в віртуальному адресному просторі двох або більше процесів.



HANDLE CreateFileMapping (HANDLE *hFile*, LPSECURITY_ATTRIBUTES *lpSecurityAttributes*, DWORD *dwflProtect*, DWORD *dwMaximumSizeHigh*, DWORD *dwMaximumSizeLow*, LPCTSTR *lpName*)

LPVOID MapViewOfFile (HANDLE *hFileMappingObject*, DWORD *dwDesiredAccess*, DWORD *dwFileOffsetHigh*, DWORD *dwFileOffsetLow*, DWORD *dwNumberOfBytesToMap*)

Схема створення відображення файлу

2. Синхронізація потоків в режимі ядра.

2.1. Блокуючі змінні

***Атомарний доступ* (Atomic access) - монопольний захоплення ресурсу потоком, що до нього звертається**

Приклад № 1

```
long x = 0;
DWORD WINAPI ThreadFunc1
(PVOID pvParam)
{
   x ++;
   return (0);
}

DWORD WINAPI ThreadFunc2
(PVOID pvParam)
{
   x ++;
   return (0);
}
```

Питання. Чому дорівнює значення глобальної змінної x?

Сімейство Interlocked-функцій

1. Обмін однієї змінної на значення типу LONG

LONG InterlockedExchange (LPLONG *lpTarget*, LONG *lNewVal*);

2. Додавання однієї змінної з іншого

LONG InterlockedExchangeAdd (PLONG *pAddend*, LONG *lIncrement*);

3. Збільшення на 1 змінної

LONG InterlockedIncrement (LPLONG lpAddend);

4. Зменшення на 1 змінної

LONG InterlockedDecrement (LPLONG lpAddend);

5. Якщо pIDestination = lCommand, то * pIDestination буде lExchange

PVOID InterlockedCompareExchange(PLONG pIDestination, LONG lExchange, LONG lComparand);

6. аналог функціїInterlockedCompareExchange для 64 розрядних

PVOID InterlockedCompareExchangePointer (PVOID * ppvDestination, PVOID pvExchange, PVOID pvComparand)

Сімейство Interlocked-функцій

Приклад № 2

```
// визначаємо глобальну змінну
long g_x = 0;

DWORD WINAPI ThreadFunc1 (PVOID
pvParam)
{
InterlockedExchangeAdd (& g_x,
1);
return (0);
}


DWORD WINAPI ThreadFunc2 (PVOID
pvParam)
{
InterlockedExchangeAdd (& g_x,
1);
return (0);
}
```

```
// змінна типу
//LONG, використовувана
//декількома потоками
LONG g_x;
// неправильний спосіб
//збільшення змінної
//типу LONG
g_x ++;
// правильний спосіб
//збільшення змінної
//типу LONG
InterlockedExchangeAdd
(& g_x, 1);
```

Сімейство Interlocked-функцій

Приклад № 3

Використання Interlocked-функцій при спін-блокуванні (spinlock)

```
// глобальна змінна, яка використовується як індикатор
// того, чи зайнятий розділяється ресурс
BOOL g_fResourceInUse = FALSE;
...
void Func1 ()
{
// чекаємо доступу до ресурсу
while (InterlockedExchange (& g_fResourceInUse, TRUE)
== TRUE)
Sleep (0);
...
// отримуємо ресурс в своє розпорядження
// доступ до ресурсу більше не потрібен
InterlockedFxchange (& g_fResourceInUse, FALSE);
}
```

2. Синхронізація потоків в режимі ядра.

2.2. Критичні секції

Критичний розділ - це блок коду, при виконанні якого потік не може бути перерваний.

Критичні секції можна використовувати для синхронізації завдань, створених різними процесами.

```
struct CRITICAL_SECTION
{
    void * DebugInfo;
    LONG LockCount;
    LONG RecursionCount;
    HANDLE OwningThread;
    HANDLE LockSemaphore;
    DWORD SpinCount;
};
```

win32.h

ОПЕРАЦІЇ З КРИТИЧНИМИ РОЗДІЛАМИ

1. Ініціалізація

VOID **InitializeCriticalSection** (LPCRITICAL_SECTION *lpCrSect*);

2. Вхід в критичну секцію

VOID **EnterCriticalSection** (LPCRITICAL_SECTION *lpCrSect*) ;

3. Вихід з критичної секції

VOID **LeaveCriticalSection** (LPCRITICAL_SECTION *lpCrSect*) ;

4. Видалення критичної секції

VOID **DeleteCriticalSection** (LPCRITICAL_SECTION *lpCrSect*) ;

Приклад № 4. Використання критичної секції

```
EnterCriticalSection (& cs);
hdc = BeginPaint (hWnd, & ps);
GetClientRect (hWnd, & rc);
DrawText (hdc, "SDI Window", -1, & rc,
DT_SINGLELINE  | DT_CENTER | DT_VCENTER);
EndPaint (hWnd, & ps);
LeaveCriticalSection (& cs);
```

Час блокування:

HKEY_LOCAL_MACHINE\System\CurrentControlSet\Control\Session Manager

параметр *CriticalSectionTimeout = 2592000 секунд (30 діб)*

3. Синхронізація потоків у виконавчій системі

3.1. Таймери очікування

Таймери очікування (waitable timers) - це об'єкти ядра, які самостійно переходять у вільний стан в певний час або через регулярні проміжки часу.

1. Створення таймера

HANDLE **CreateWaitableTimer**(LPSECURITY_ATTRIBUTES *lpTimerAttrib*, BOOL *fManualReset*, LPCTSTR *lpszName*);

2. Отримання дескриптора таймера

HANDLE **OpenWaitableTimer**(DWORD *dwDesiredAccess*, BOOL *bInheritHandle*, LPCTSTR *lpszName*);

3. Створення копії дескриптора об'єкта

BOOL **DuplicateHandle** (HANDLE *hSourceProcess*, HANDLE *hSourceObject*, HANDLE *hTargetProcess*, LPHANDLE *lphTarget*, DWORD *dwAccessFlags*, BOOL, DWORD *dwOptions*);

4. Перехід у вільний стан

BOOL **SetWaitableTimer**(HANDLE *hTimer*, Const LARGE_INTEGER **pDueTime*, LONG *lPeriod*, PTIMERAPCROUTINE *pfnCompletionRoutine*, PVOID pvArgToCompletionRoutine, BOOL *fResume*);

5. Видалення таймера

BOOL **CancelWaitableTimer**(HANDLE hTimer);

Приклад № 5. Використання таймерів очікування

```
// объявляем свои локальные переменные
HANDLE hTimer;
SYSTEMTIME st;
FILETIME ftLocal, ftUTC;
LARGE_INTEGER liUTC;
// создаем таймер с автосбросом
hTimer = CreateWaitableTimer(NULL, FALSE, NULL);
// таймер должен сработать в первый раз 1 января 2010 года в 13:00
// по местному времени
st.wYear = 2010;          // год
st.wMonth = 1;            // январь
st.wDayOfWeek = 0;        // игнорируется 0
st.wDay = 1,              // первое число месяца
st.wHour = 13;            // 1 PM
st.wMinute = 0;           // 0 минут
st.wSecond = 0,           / 0 секунд
st.wMilliseconds = 0;     // 0 миллисекунд
SystemTimeToFileTime(&st, &ftLocal);
// преобразуем местное время в UTC-время
LocalFileTimeToFileTime(&ttLocal, &ftUTC);
// преобразуем FILETIME в LARGE_INTEGER из-за разл  ий в выравнивании
данных
liUTC.LowPart = ftUTC.wLowDateTime;
liUTC.HighPart = ftUTC.dwHighDateTime;
// устанавливаем таймер
SetWaitableTimer(hTimer, &liUTC, 6 * 60 * 60 * 1000, NULL, NULL,FALSE);
```

година:хвилина:секунда:мілісекунда

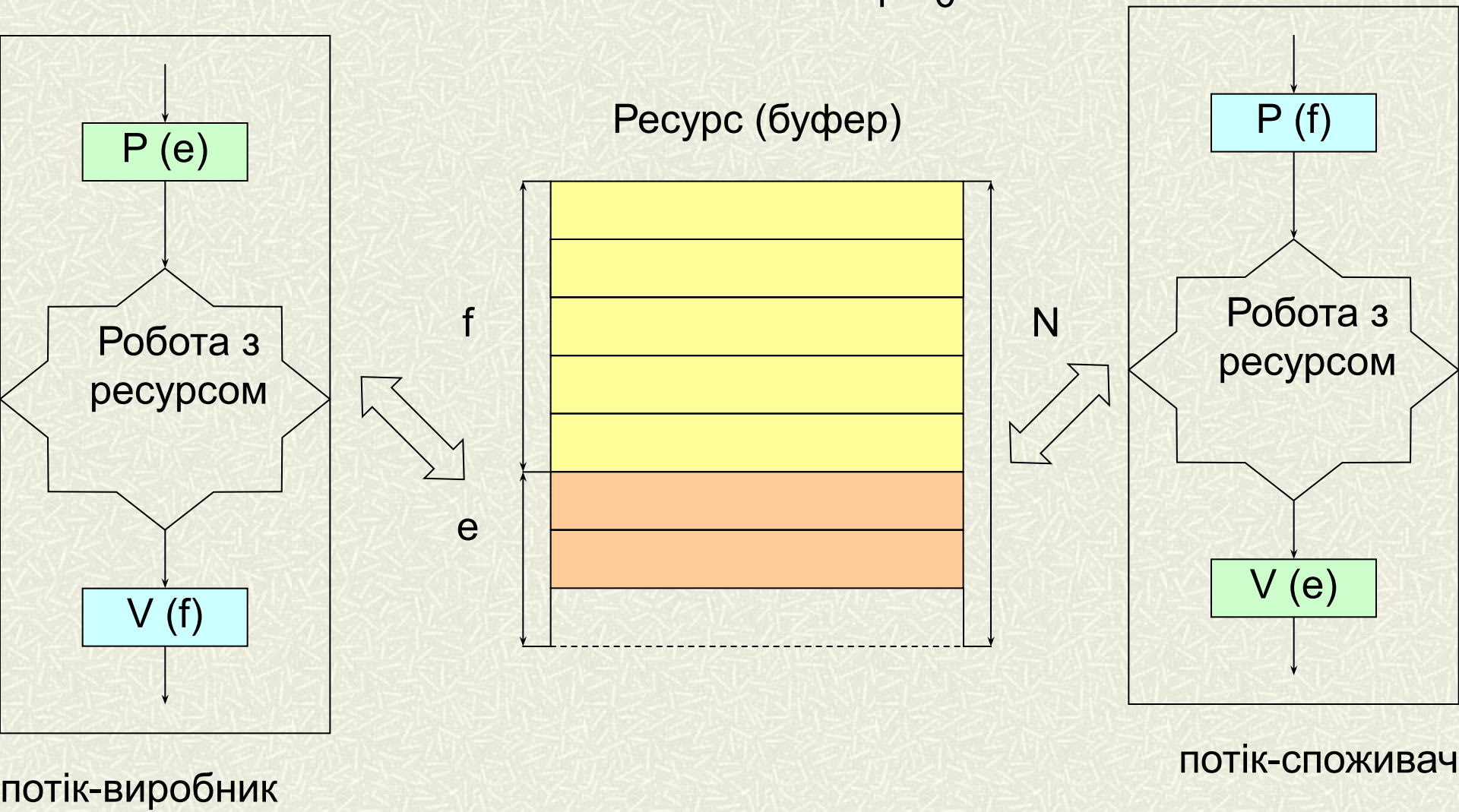
Приклад № 6. Спрацьовування таймера через 5 сек.

```
// оголошуємо свої локальні змінні
HANDLF hTimer;
LARGE_INTEGER li;
// створюємо таймер з автоскиданням
hTimer = CreateWaitableTimer (NULL, FALSE, NULL);
// таймер повинен спрацювати через 5 секунд після виклику
SetWaitableTimer;
// задаємо час в інтервалах по 100 нс
const int nTimerUnitsPerSecond = 10000000;
// робимо отримане значення негативним, щоб //
SetWaitableTimer знав:
// нам потрібен відносний, а не абсолютний час
li.QuadPart = - (5 * nTimerUnitsPerSecond);
// встановлюємо таймер (він спрацьовує спочатку через 5
секунд, а потім через кожні 6 годин)
SetWaitableTimer (hTimer, &li, 6 * 60 * 60 * 1000, NULL,
NULL, FALSE);
...
```

4. Синхронізація потоків в призначеному для користувача режимі

4.1. Семафори

Початкові значення семафорів: e = N
f = 0



Використання семафорів для синхронізації потоків

Функції для роботи з семафора

1. Створення семафора

HANDLE **CreateSemaphore** (LPSECURITY_ATTRIBUTES *lpThreadSecurity,* LONG *lSemInitialCount*, LONG *lSemMaxCount,* LPCTSTR *lpszSemName)*;

2. Відкриття семафора

HANDLE **OpenSemaphore** (DWORD *dwAccessFlag,* BOOL *bInherit*, LPCTSTR *lpszSemName);*

3. Збільшення значення лічильника семафора

BOOL **ReleaseSemaphore** (HANDLE *hSemaphore,* LONG *lReleaseCount*, LPLONG *lpPreviosCount);*

4. Зменшення значення лічильника семафора (функції очікування)

DWORD **WaitForSingleObject** (HANDLE handle, DWORD timeout);

DWORD **WaitForMultipleObjects** (DWORD count, CONST HANDLE *handles, BOOL waitall, DWORD timeout);

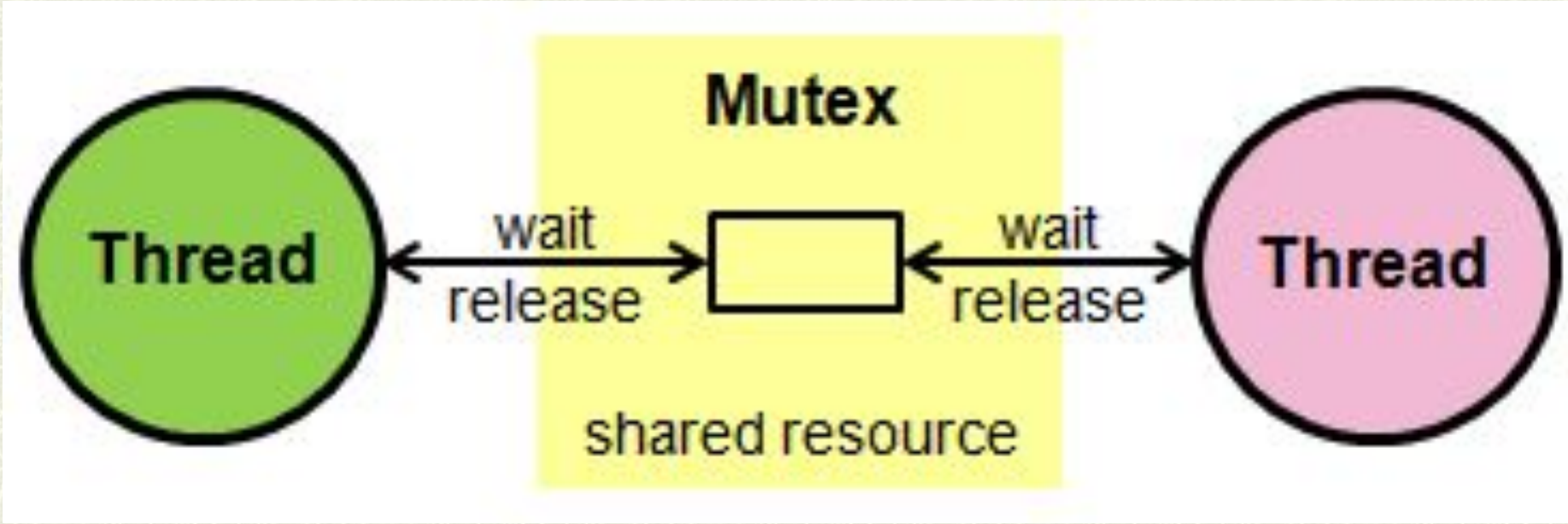
приклад № 6.
Використання семафорів

```
DWORD WINAPI ThreadProc (LPDWORD lpData)
{
  TCHAR szBuffer [256];
  DWORD dwSemCount = 0;
  HWND hList = (HWND) lpData;
  HANDLE hSemaphore = OpenSemaphore (SYNCHRONIZE |
SEMAPHORE_MODIFY_STATE, FALSE, lpszSemaphore);
  wsprintf (szBuffer, "Thread% x waiting for semaphore% x", GetCurrentThreadId
(), hSemaphore);
  SendMessage (hList, LB_INSERTSTRING, (WPARAM) -1, (LPARAM)
szBuffer);
  // Перевірка стану семафора.
  WaitForSingleObject (hSemaphore, INFINITE);
  wsprintf (szBuffer, "Thread% x got semaphore", GetCurrentThreadId ());
  SendMessage (hList, LB_INSERTSTRING, (WPARAM) -1, (LPARAM)
szBuffer);
  Sleep (5000);
  // Видалення семафора.
  ReleaseSemaphore (hSemaphore, 1, & dwSemCount);
  wsprintf (szBuffer, "Thread% x is done with semaphore. Its count was% ld.",
GetCurrentThreadId (), dwSemCount);
  SendMessage (hList, LB_INSERTSTRING, (WPARAM) -1, (LPARAM)
```

4. Синхронізація потоків в призначеному для користувача режимі

4.2. М'ютекси

М'ютекс (mutex, **mut**ual **ex**clusion — взаємне виключення) призначено для захисту певного об’єкта у потоці від доступу інших потоків. М'ютекс є одним із засобів синхронізації роботи потоків або процесів



М'ютекси — ***це прості двійкові семафори, які можуть перебувати в одному з двох станів*** - сигнальному або несигнальному (відкритий і закритий відповідно). Коли потік отримує м'ютекс, той переводиться в несигнальний стан.

Організація послідовного доступу до ресурсів з використанням м'ютексів стає нескладною, оскільки в кожен конкретний момент тільки один потік може володіти цим об'єктом. Для того, щоб об'єкт mutex став доступний потокам, що належать різним процесам, при створенні йому необхідно присвоїти ім'я. Потім це ім'я потрібно передати «у спадок» завданням, які повинні його використовувати для взаємодії.

Операції з об'єктом Mutex

1. **Створення об'єкта Mutex**

   HANDLE **CreateMutex** (LPSECURIT_ATTRIBUTES *lpSecurityAttribs,* BOOL *bInitialOwner*, LPCTSTR *lpszMutexName);*

2. **Звільнення дескриптора об'єкта Mutex**

   BOOL **CloseHandle** (HANDLE *hObject);*

3. **відкриття об'єкту Mutex**

   HANDLE **OpenMutex** (DWORD *dwAccessFlag,* BOOL *bInherit*, LPCTSTR *lpszMutexName);*

4. **Зменшення значення лічильника семафора**

   DWORD **WaitForSingleObject** (HANDLE handle, DWORD timeout);

   DWORD **WaitForMultipleObjects** (DWORD count, CONST HANDLE *handles, BOOL waitall, DWORD timeout);

5. **звільнення об'єкта Mutex**

   BOOL **ReleaseMutex** (HANDLE *hMutex)*

4. Синхронізація потоків в призначеному для користувача режимі

4.3. Події

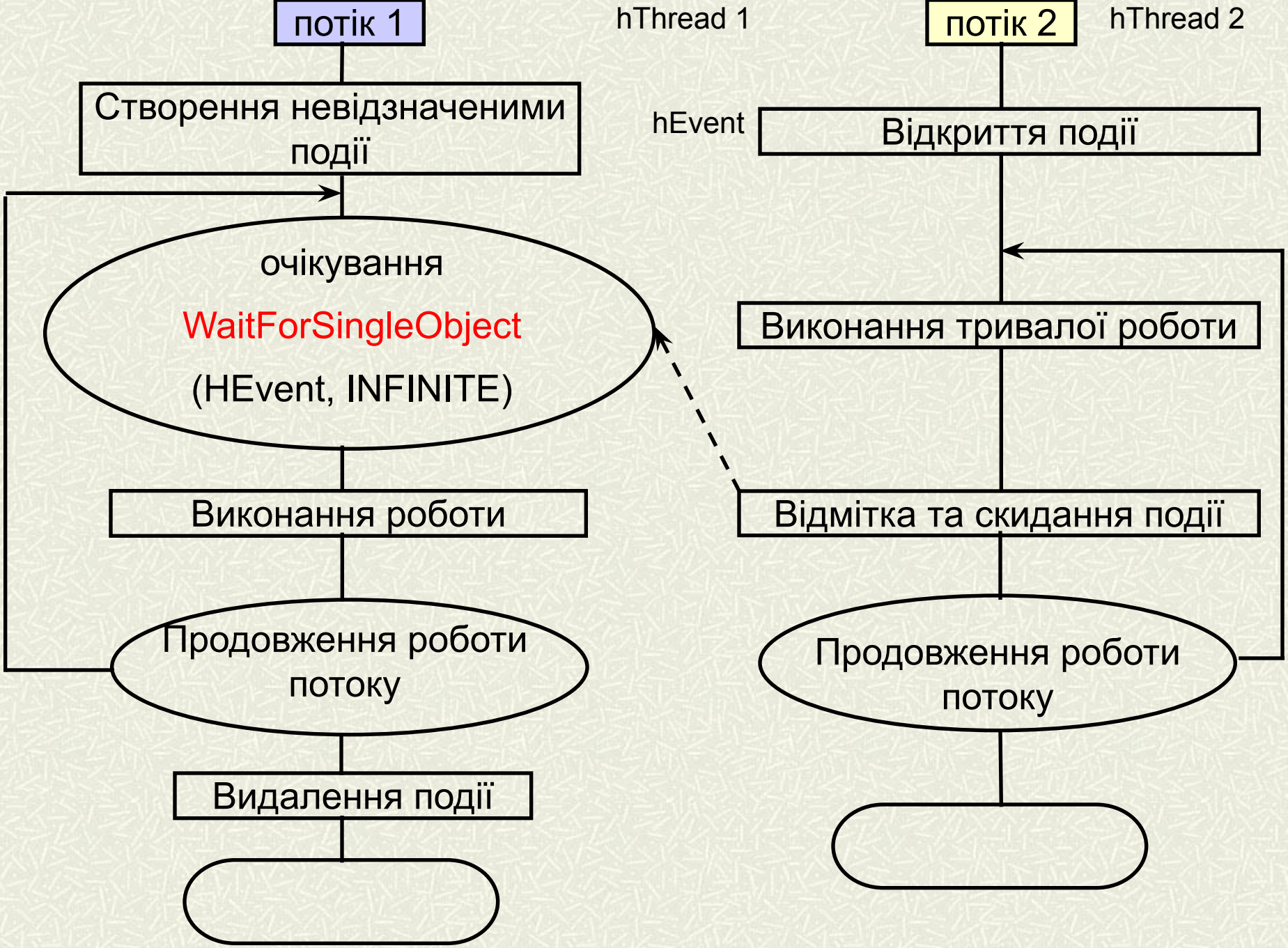


Схема використання подій

1. **Створення об'єкта Event**

   HANDLE **CreateEvent** (LPSECURIT_ATTRIBUTES *lpEventSecurity*, BOOL *bManualReset*, BOOL *bInitialState*, LPCTSTR *lpszEventName)*

2. **Встановлення вільного стану об'єкта Event**

   BOOL **SetEvent** (HANDLE *hEvent)*

3. **Встановлення зайнятого стану об'єкта Event**

   BOOL **ResetEvent** (HANDLE *hEvent)*

4. **Установка / скидання стану об'єкта Event**

   BOOL **PulseEvent** (HANDLE *hEvent)*


Дякую за увагу!