

I.C. Зиков, С.Г. Межеричкий,
А.О. Подорожняк, І.П. Хавіна

ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРІВ У ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ

Навчально-методичний посібник

Харків, 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

І. С. Зиков, С. Г. Межеричський, А. О. Подорожник, І. П. Хавіна

ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРІВ У ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ

**Навчально-методичний посібник
для студентів комп'ютерних спеціальностей**

*Затверджено редакційно-видавничою радою НТУ "ХПІ".
протокол № 1 від 30.01.2018*

Харків
ТОВ «ДІСА ПЛЮС»
2018

УДК 004.42:004.45

З-60

Рецензенти:

О. О. Можасев - д-р техн. наук, професор. Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут";

Ю. І. Скорін - канд. техн. наук, доцент. Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

Автори:

Зиков Ігор Семенович - канд. техн. наук, професор;

Межерицький Сергій Геннадійович - старший викладач;

Подорожняк Андрій Олексійович - канд. техн. наук, ст. наук, співроб., доцент;

Хавіна Інна Петрівна - канд. техн. наук, доцент

*Затверджено редакційно-видавничою радою НТУ "ХПИ",
протокол № 1 від 30.01.2018*

Зиков І. С.

З-60 Програмування мікропроцесорів у захищеному режимі : навч.-метод. посібник / І. С. Зиков, С. Г. Межерицький, А. О. Подорожник, І. П. Хавіна. - Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2018. - 264 с. : іл.

ISBN 978-617-7384-91-4

У даному посібнику розглядаються питання, пов'язані з програмуванням мікропроцесорів сімейства x86 та x64 в захищеному режимі: встановлювання захищеного режиму, оброблення переривань, організація мультизадачної роботи мікропроцесора та захисту пам'яті й пристроїв введення-виведення або зовнішніх пристроїв. Всі ці дії належать до функцій ядра сучасних операційних систем. Програмування проводиться на рівні регістрів мікропроцесора та системних сегментів пам'яті.

Для студентів комп'ютерних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Іл. 13. Табл. 24. Бібліогр. 9 назв.

УДК 004.42:004.45

ISBN 978-617-7384-91-4

© Зиков І. С., Межерицький С. Г.,

Подорожняк А. О., Хавіна І. П., 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ МІКРОПРОЦЕСОРА В ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ.....	10
1.1. ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИЩЕНОГО РЕЖИМУ.....	10
1.2. СЕРЕДОВИЩЕ ВИКОНАННЯ ПРОГРАМ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИЩЕ- НОГО РЕЖИМУ.....	11
1.3. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРЯДНОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРА.....	13
1.4. ФОРМУВАННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ ДЕСКРИПТОРНОЇ ТАБЛИЦІ.....	14
1.4.1. Структура дескриптора сегмента.....	15
1.4.2. Виконання доступу до сегментів пам'яті.....	19
1.4.3. Формування дескрипторів сегментів пам'яті.....	22
1.4.3.1. Завдання селекторів сегментів пам'яті.....	23
1.4.3.2. Формування полей дескрипторів сегментів пам'яті.....	24
1.4.3.3. Застосування процедури <code>init_gdt</code> для формування GDT.....	26
1.5. ЗАВДАННЯ АДРЕСИ ТА РОЗМІРУ GDT.....	28
1.6. ПІДГОТОВКА ДО СКИДАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРА.....	31
1.7. ЗАБОРОНА МАСКОВАНИХ ТА НЕМАСКОВАНИХ ПЕРЕРИВАНЬ.....	32
1.8. ЗБЕРІГАННЯ В ПАМ'ЯТІ РЕГІСТРІВ МІКРОПРОЦЕСОРА.....	32
1.9. ПЕРЕВЕДЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРА В ЗАХИЩЕНИЙ РЕЖИМ.....	33
1.10. РОБОТА МІКРОПРОЦЕСОРА В ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ.....	37
1.11. Повернення в реальний режим.....	38
1.12. ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМУ “UNREAL”.....	40
1.13. РОБОТА МП В РЕАЛЬНОМУ РЕЖИМІ ТА РЕЖИМІ “UNREAL”.....	41
1.14. Опис модуля PROT.....	43
1.15. ТЕКСТ І ПРОГ РАМИ P MODE.....	44
1.16. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	84
2. РОБОТА З ПЕРЕРИВАННЯМИ В ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ.....	86
2.1 Види переривань та виключень.....	86

2.2	ПРІОРИТЕТИ ВИКЛЮЧЕНЬ ТА ПЕРЕРИВАНЬ.....	97
2.3	ФОРМАТ КОДУ ПОМИЛКИ	99
2.4	ФОРМАТ ДЕСКРИПТОРНОЇ ТАБЛИЦІ ПЕРЕРИВАНИ	101
2.5	ДІЇ ПРОЦЕСОРА ПРИ ОБРОБЛЕННІ ПЕРЕРИВАННЯ.....	103
2.6	ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИЩЕНОГО РЕЖИМУ З ОБРОБЛЕННЯМ ПЕРЕРИВАНЬ.....	105
2.7	РОЗРОБЛЕННЯ ОБРОБЛЮВАЧІВ ПЕРЕРИВАНЬ.....	106
2.7.1	Розподіл номерів переривань.....	106
2.7.2	Розробка оброблювачів програмних переривань.....	107
2.7.2.1	Функції переривання INT 30h.....	107
2.7.2.2	Використання переривання INT 30h в реальному режимі.....	109
2.7.2.3	Функції переривання INT 32h.....	109
2.7.2.4	Використання переривання INT 32h в реальному режимі.....	111
2.7.3	Розроблення оброблювачів виключень.....	113
2.7.4	Розробка оброблювачів зовнішніх апаратних переривань.....	119
2.8	ФОРМУВАННЯ ТАБЛИЦІ GDT А ЗАВДАННЯ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ.....	121
2.9	ФОРМУВАННЯ ДЕСКРИПТОРНОЇ ТАБЛИЦІ ПЕРЕРИВАНЬ.....	122
2.9.1	Формування вихідної таблиці IDT.....	123
2.9.2	Формування дескрипторів оброблювачів переривань в програмі P_INT.....	125
2.10	Завдання адреси і розміру IDT.....	126
2.11	ПЕРЕПРОГРАМУВАННЯ КОНТРОЛЕРІВ ПЕРЕРИВАНЬ.....	127
2.12	ПЕРЕХІД ДО ЗАХИЩЕНОГО РЕЖИМУ.....	128
2.13	РОБОТА ПРОГРАМИВ P_INT ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ.....	130
2.14	ПОВЕРТАННЯ ПРОЦЕСОРА ДО РЕАЛЬНОГО РЕЖИМУ.....	139
2.15	ЗБЕРІГАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ЕКРАНУ В ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ.....	140
2.16	НАЛАГОДЖУВАННЯ ПРОГРАМ В ЗАХИЩЕНОМУ РЕЖИМІ.....	142
2.17	ГОДИННИК РЕАЛЬНОГО ЧАСУ.....	145
2.18	ТЕКСТ ПРОГРАМИ P_INT.....	147
2.19	ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	157
3.	ОРГАНІЗАЦІЯ МУЛЬТИЗАДАЧНОЇ РОБОТИ МІКРОПРОЦЕСОРА.....	159
3.1.	АПАРАТНІ ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ МУЛЬТИЗАДАЧНОГО РЕЖИМУ.....	159

3.1.1. Сегмент стану задачі.....	159
3.1.2. Регістр задач.....	162
3.2. ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ ЗАДАЧ.....	162
3.3. ОПИС ПРОГРАМИ P_TASK.....	164
3.3.1. Розробка задач.....	164
3.3.2. Формування сегментів TSS, їх дескрипторів та стеків задач.....	167
3.3.3 Робота програми P_TASK в захищеному режимі.....	170
3.4. СИСТЕМНИЙ ТАЙМЕР.....	177
3.4.1. Структура таймера.....	177
3.4.2. Використання таймера в ПЕОМ ІВМ РС/АТ.....	179
3.5 ОБРОБЛЕННЯ ЗОВНІШНІХ ПЕРЕРИВАНЬ.....	180
3.6 ТЕКСТ ПРОГРАМИ P_TASK.....	181
3.7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	211
4. ЗАХИСТ ПАМ'ЯТІ.....	213
4.1. ПЕРЕВІРКА ГРАНИЦЬ СЕГМЕНТІВ	213
4.2. ПЕРЕВІРКА ТИПІВ СЕГМЕНТІВ	214
4.2.1. Перевірка селектора нуля-дескриптора.....	215
4.3. РІВНІ ПРИВІЛЕЇВ.....	215
4.4. ДОСТУП ДО СЕГМЕНТА ДАНИХ	217
4.5. ДОСТУП ДО СЕГМЕНТА СТЕКА.....	217
4.6. ДОСТУП ДО СЕГМЕНТА КОДУ.....	217
4.6.1. Прямі виклики та переходи до сегментів коду.....	218
4.6.1.1. Доступ до непідлеглих сегментів коду.....	220
4.6.1.2. Доступ до підлеглих сегментів коду.....	220
4.6.2. Дескриптори шлюзів.....	220
4.6.3. Шлюзи виклику.....	220
4.6.4. Доступ до сегментів коду через шлюз виклику.....	222
4.6.5. Переключення стеку.....	223
4.6.5. Повернення з викликаної процедури.....	226
4.7. ПРИВІЛЕЙОВАНІ КОМАНДИ	227

4.8. Визначення дійсності вказівників.....	228
4.8. 1. Перевірка прав доступу (команда LAR).....	228
4.8.2. Перевірка прав читання-запису (команди VERR та VERW).....	229
4.8.3. Перевірка зміщення вказівника (команда LSL).....	230
4.8.4. Перевірка привілею процедури, що здійснює виклик.....	231
4.8.5. Перевірка вирівнювання.....	233
4.9. ЗАХИСТ НА РІВНІ СТОРІНОК.....	233
4.9.1. Біти захисту сторінок.....	234
4.9.2. Обмеження доступу до сторінок.....	234
4.9.3. Тип сторінок.....	235
4.9.4. Комбінування захисту двох рівнів таблиць сторінок.....	236
4.9.5. Перекладання захисту на рівень сторінок.....	237
4.10. КОМБІНУВАННЯ ЗАХИСТУ СТОРІНОК ТА СЕГМЕНТІВ.....	237
4.11. Доступ до зовнішніх пристроїв.....	237
4.12. Опис програми P_USER.....	238
4.12.1. Формування дескрипторів сегментів, шлязу виклику та полів TSS задачі користувача.....	239
4.12.2. Формування локальної дескрипторної таблиці.....	240
4.13. Опис модуля USER.....	241
4.13.1. Доступ до сегментів даних.....	241
4.13.2. Доступ до сегментів коду.....	244
4.14. ТЕКСТ ПРОГРАММИ P_U S E R.....	246
4.15. ТЕКСТ МОДУЛЯ USER.....	252
4.16 ТЕКСТ МОДУЛЯ CONF.....	259
4.17. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	260
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	262
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	263