

CS 537: Intro to Operating Systems
Worksheet 4 - Multi-level Page Tables
July 12th, 2017 (Wednesday)

Assume a system with a 2-level page table.

Parameters:

- page size = 32 bytes
- virtual address space size = 1024 pages
- physical memory size = 128 pages
- Size of one Page Directory Entry (PDE) = 1 byte
- Size of one Page Table Entry (PTE) = 1 byte
- Value of Page Directory Base Register (PDBR) = 108 (decimal) [This means the page directory is held in this page]

The format of the PDE and the PTE is simple. The high-order (left-most) bit is the VALID bit. If the bit is 1, the rest of the entry is the PFN. If the bit is 0, the page is not valid.

You are given two pieces of information to begin with. First, you are given the value of the page directory base register (PDBR), which tells you which page the page directory is located upon. Second, you are given a complete dump of each page of physical memory. A page dump looks like this:

```
page 0: 08 00 01 15 11 1d 1d 1c 01 17 15 14 16 1b 13 0b ...
page 1: 19 05 1e 13 02 16 1e 0c 15 09 06 16 00 19 10 03 ...
page 2: 1d 07 11 1b 12 05 07 1e 09 1a 18 17 16 18 1a 01 ...
...
```

which shows the 32 bytes found on pages 0, 1, 2, and so forth. The first byte (0th byte) on page 0 has the value 0x08, the second is 0x00, the third 0x01, and so forth.

For each virtual address, write down the physical address it translates to AND the data value at this physical address OR write down that it is a segmentation fault (an out-of-bounds address). Write all answers in hexadecimal.

Virtual Address	Physical Address OR Seg Fault	Data Value
0x611c		
0x3da8		

Physical Memory Dump

page 0: 1b 1d 05 05 1d 0b 19 00 1e 00 12 1c 19 09 19 0c 0f 0b 0a 12 18 15 17 00 10 0a 06 1c 06 05 05 14
page 1: 00
page 2: 12 1b 0c 06 00 1e 04 13 0f 0b 10 02 1e 0f 00 0c 17 09 17 17 07 1e 00 1a 0f 04 08 12 08 19 06 0b
page 3: 7f 7f 7f 7f cd 7f b9
page 4: 0b 04 10 04 05 1c 13 07 1b 13 1d 0e 1b 15 01 07 08 05 07 07 1b 0e 1b 04 11 00 1c 00 0c 18 1e 00
page 5: 17 13 1d 0a 12 02 11 19 06 08 15 07 08 1d 1e 04 1b 11 01 12 13 01 17 19 02 14 0e 07 0e 04 0a 14
page 6: 00
page 7: 00
page 8: 11 10 1a 12 0f 10 18 0a 11 15 1e 15 1d 0c 12 17 0a 08 1e 0a 1e 1a 06 19 1e 08 14 17 02 19 09 15
page 9: 00
page 10: 00
page 11: 09 10 14 1d 04 01 1a 18 17 0e 15 0c 05 0c 18 18 1d 1b 15 10 16 05 1c 16 12 0d 13 13 1b 11 06 0d
page 12: 06 0b 16 19 1c 05 14 1d 01 14 1a 0a 07 12 0d 05 0e 0c 11 0f 09 0b 19 07 11 00 16 0a 01 08 07 1d
page 13: 19 10 0b 0e 00 06 14 14 0f 1d 0e 09 1a 08 12 15 19 18 0b 01 01 16 1d 0a 0d 16 14 08 14 09 0b 10
page 14: 12 18 14 0b 00 0d 1c 0a 07 04 0f 10 02 0c 14 1d 0d 0d 0e 06 0c 14 0c 12 19 1e 1b 0b 00 12 0e 07
page 15: 00
page 16: 7f ea 7f 7f 7f
page 17: 00
page 18: 7f 7f 7f 7f 7f 7f ab 7f 7f 7f 8e 7f 7f 7f dd 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 19: 00 13 00 01 06 14 02 01 1e 0d 1b 06 0d 0b 05 0a 1e 17 0b 0c 08 10 16 15 0e 01 1c 0c 0c 00 04 1a
page 20: 1a 19 04 02 02 0c 1d 11 08 07 03 04 19 04 1a 19 04 11 00 1a 11 17 0f 15 1c 11 1b 0a 03 00 07 19
page 21: 0b 08 1b 0e 1c 15 1e 12 1e 05 0d 11 1e 11 1a 13 0f 0c 0b 09 06 1d 10 1a 1b 1d 07 0a 13 09 04 17
page 22: 12 12 15 0f 08 1b 0a 0e 13 0f 1d 1d 1c 1c 12 0f 15 06 08 01 05 00 14 04 18 15 1e 0c 1c 0e 0a 03
page 23: 1d 0f 03 0b 0c 0f 1e 1e 11 13 14 0f 0f 09 15 02 09 1b 07 1d 1e 11 01 02 06 0a 03 18 0b 07 01 0b
page 24: 00
page 25: 03 03 1c 03 1b 0e 0e 0a 0c 0b 11 0a 19 07 07 0e 1c 00 16 00 0c 17 0d 0d 07 0e 07 08 14 12 1c 1e
page 26: 09 0e 1d 18 08 11 15 18 0d 0c 17 0d 07 0e 1d 04 0e 13 0e 06 00 15 13 00 09 17 13 10 04 15 0e 15
page 27: 00
page 28: 0f 1d 0f 0a 02 11 07 0b 0b 17 07 1d 17 0e 1b 0b 0b 04 18 0c 0f 0e 14 0b 1c 0d 0b 0c 17 1e 1a 0e
page 29: 17 08 1e 03 1b 01 07 10 12 0c 03 07 08 17 1c 12 01 18 09 0a 10 07 1c 05 0c 08 10 11 13 10 0c 13
page 30: 7f 7f 7f 7f 7f 84 7f 7f 7f 97 7f bd 7f 7f f4 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 31: 7f 7f 7f 7f 7f 7f d0 7f
page 32: 00
page 33: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f b5 7f 9d 7f
page 34: 04 13 05 0d 0c 02 16 15 18 10 11 05 06 07 10 19 0b 1b 16 16 0a 03 1d 1a 0c 1a 1b 0a 0f 0a 15 1c
page 35: 00
page 36: 1d 13 13 16 0c 0c 14 00 05 0a 07 13 0b 1b 11 0c 0c 15 0c 14 01 0d 08 04 10 0f 11 17 1b 0f 09 0e
page 37: 1e 0f 0a 0d 0c 10 0c 02 1e 1e 05 07 0d 15 00 19 13 08 1a 14 09 10 1e 01 15 1a 15 04 12 18 0c 12
page 38: 00
page 39: 1b 11 1e 17 11 08 15 0e 16 0c 0f 00 16 01 15 12 18 08 15 06 10 0a 1e 1e 06 11 0a 1e 1c 12 16 15
page 40: 0d 03 0b 10 07 19 0b 07 09 19 1c 1d 00 17 10 03 07 08 0c 0e 1d 01 15 1a 0b 07 06 09 04 11 07 00
page 41: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f e5 7f
page 42: 03 04 15 01 11 1c 10 15 00 13 12 11 0c 0b 1e 01 00 1d 05 03 06 18 1d 00 0d 03 08 06 14 0a 05 0f
page 43: 19 08 02 04 13 11 01 1e 0e 09 16 00 0d 14 1d 17 1b 03 0d 00 08 0b 0a 0b 18 05 19 10 0a 11 05 0f
page 44: 7f 7f 7f 7f 7f 7f cc 7f
page 45: 7f b2 7f ef 7f 7f 7f 7f a4 f5 7f
page 46: 00
page 47: 07 0a 0f 10 02 09 0b 0c 0e 0d 02 06 13 19 0f 04 02 04 0b 11 14 10 11 0a 14 16 0c 19 17 1c 0e 0a
page 48: 00
page 49: 1e 0a 0f 07 02 03 0d 13 10 10 03 01 0b 1d 05 08 0e 1c 1d 00 14 07 14 17 1b 15 1a 18 04 01 16 10
page 50: 16 1b 04 07 06 01 1a 0f 02 0d 0d 18 17 04 13 0f 00 04 14 0b 1d 0f 15 04 0e 16 19 06 0c 0e 0d 0e
page 51: 14 00 0f 1a 07 0a 1a 05 11 07 1d 18 0d 02 09 0f 1c 03 11 15 10 19 10 1d 12 12 0d 12 0b 11 09 05
page 52: 00
page 53: 0f 0c 18 09 0e 12 1c 0f 08 17 13 07 1c 1e 19 1b 09 16 1b 15 0e 03 0d 12 1c 1d 0e 1a 08 18 11 00
page 54: 19 01 05 0f 03 1b 1c 09 0d 11 08 10 06 09 0d 12 10 08 07 03 18 03 16 07 08 16 14 16 0f 1a 03 14
page 55: 00
page 56: 00
page 57: 1c 1d 16 02 02 0b 00 0a 00 1e 19 02 1b 06 06 14 1d 03 00 0b 00 12 1a 05 03 0a 1d 04 1d 0b 0e 09
page 58: 00
page 59: 00
page 60: 00
page 61: 01 05 10 02 0c 0a 0c 03 1c 0e 1a 1e 0a 0e 15 0d 09 16 1b 1c 13 0b 1e 13 02 02 17 01 00 0c 10 0d
page 62: 7f 7f 7f a8 7f
page 63: 06 12 06 0a 1d 1b 19 01 04 07 18 1a 12 16 19 02 02 1a 01 06 01 00 1a 0a 04 04 14 1e 0f 1b 0f 11

page 64: 18 12 17 08 08 0d 1e 16 1d 10 11 1e 05 18 18 1a 17 04 14 1c 11 0b 1d 11 0c 13 18 07 00 10 1d 15
page 65: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 99 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 66: 7f
page 67: 00
page 68: 12 12 16 02 0f 06 0c 0f 0a 0c 16 01 1d 12 05 11 02 0f 15 0d 09 14 1c 1b 0b 1a 03 01 1e 17 13 11
page 69: 19 0a 19 02 0d 0a 0d 19 0f 1e 1a 03 09 00 16 00 1b 05 0c 01 09 0c 01 17 16 0b 19 02 01 0b 1b 17
page 70: 00
page 71: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 85 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 72: 18 0c 00 18 05 0c 0b 03 0a 05 13 14 00 0e 11 1b 0f 02 01 1a 18 1a 08 14 02 19 0a 1d 0e 01 1c 13
page 73: 00
page 74: 0d 0b 1e 08 18 0d 0b 01 1a 15 1b 0d 14 03 0c 06 01 1d 06 04 06 0b 10 04 1e 1e 04 0c 15 1b 0f 1c
page 75: 1a 1c 01 1b 00 14 1c 0f 0c 0a 1c 1c 13 16 0a 04 1e 14 08 1e 12 0a 1b 02 18 04 03 08 16 12 0d 04
page 76: 0c 11 15 0c 1b 1d 1e 01 19 1b 04 1d 03 06 1d 19 11 08 07 0c 00 13 01 17 02 00 08 17 19 0f 1d 03
page 77: 1c 06 16 06 00 1b 1a 02 05 07 1c 0b 19 0d 0b 17 13 08 12 15 19 14 13 12 02 1d 16 08 15 13 14 0b
page 78: 0e 02 17 1b 1c 1a 1b 1c 10 0c 15 08 19 1a 1b 12 1d 11 0d 14 1e 1c 18 02 12 0f 13 1a 07 16 03 06
page 79: 1e 1b 15 16 07 17 08 03 0e 0a 05 0d 1b 0d 0d 15 10 04 1c 0d 18 0c 19 0c 06 06 1d 12 01 07 02 02
page 80: 1b 08 1d 1c 02 0d 17 0d 0f 19 15 1d 05 1c 1c 13 1d 07 1b 17 12 02 00 00 07 17 0b 18 13 0c 1b 01
page 81: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f e2 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 82: 00
page 83: 00
page 84: 7f ce
page 85: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 9a 7f bf 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 86: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f c5 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f ca 7f 7f ee 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 87: 18 05 18 0d 17 0e 18 02 01 1c 0f 1b 1d 14 11 06 02 19 1b 18 15 0d 09 03 0d 11 1c 1d 0c 03 17 16
page 88: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f c4 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 89: 00
page 90: 7f
page 91: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f a5 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 92: 00
page 93: 0a 1a 19 07 00 19 05 18 15 05 02 1c 12 13 0e 04 12 07 18 16 00 1c 01 02 09 04 07 0b 16 0c 08 0f
page 94: 14 06 19 07 10 14 07 13 08 05 19 11 0a 12 00 04 0c 1e 0f 02 17 18 18 11 15 06 16 19 17 0a 12 13
page 95: 0a 1d 0f 1d 1e 19 15 04 00 12 15 1d 10 15 14 06 13 1e 03 15 13 0b 18 00 1b 19 0e 03 0e 12 07 0f
page 96: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f b6 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 97: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f c8 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 98: 15 19 18 03 17 1a 17 0e 15 03 17 08 17 13 0f 10 02 01 00 18 04 03 0b 1e 1b 09 19 02 0c 11 1e 01
page 99: 09 0b 13 04 15 0b 12 04 14 0a 0e 0c 0e 15 09 14 01 09 17 01 13 00 0e 1b 00 10 02 1a 15 17 14 00
page 100: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f a7 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 101: 0e 0a 00 01 0b 06 10 05 06 14 16 09 1a 07 0a 16 01 1c 02 0e 16 01 19 1e 0e 03 02 03 17 0c 1c 0d
page 102: 1d 03 1b 01 16 00 0d 1a 0c 1c 16 12 05 0a 0c 12 1e 08 0f 1c 0a 13 17 13 17 06 1d 05 12 09 13 09
page 103: 1e 17 1c 06 10 12 19 0e 18 0c 12 1a 18 14 00 05 0f 07 02 1a 1d 09 0c 19 01 13 03 08 19 01 01 0c
page 104: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 80 aa 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 105: b3 7f
page 106: 16 0a 00 0e 10 01 11 0a 00 05 03 10 01 1c 1a 1d 09 1c 1e 17 08 14 12 0c 09 01 03 04 0e 13 17 01
page 107: 7f
page 108: 83 fe e0 da 7f d4 7f eb be 9e d5 ad e4 ac 90 d6 92 d8 c1 f8 9f e1 ed e9 a1 e8 c7 c2 a9 d1 db ff
page 109: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 82 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 110: 16 14 04 1e 0c 12 0b 01 0e 04 01 13 13 03 11 0a 0b 18 0f 1b 12 0e 13 0a 03 15 13 18 03 1c 18 1c
page 111: 08 00 01 15 11 1d 1d 1c 01 17 15 14 16 1b 13 0b 10 06 12 00 04 0a 18 16 0a 13 01 05 1e 08 0c 11
page 112: 19 05 1e 13 02 16 1e 0c 15 09 06 16 00 19 10 03 03 14 1b 08 1e 03 1a 0c 02 08 0e 18 1a 04 10 14
page 113: 1d 07 11 1b 12 05 07 1e 09 1a 18 17 16 18 1a 01 05 0f 06 10 0f 03 02 00 19 02 1d 1e 17 0d 08 0c
page 114: 00
page 115: 11 06 01 04 0d 14 06 15 1a 17 0d 14 1e 1b 0a 15 05 11 0b 0d 0d 14 1a 0e 04 17 17 1d 0c 0e 10 1b
page 116: 0a 13 0b 11 15 0f 14 17 1a 05 06 0f 0f 19 10 1b 18 0f 19 0e 0a 0d 0e 14 01 16 1e 0e 02 06 03 07
page 117: 1b 0a 17 00 19 11 1d 0b 13 0a 18 12 1e 00 04 01 03 1c 1d 0e 1d 19 18 17 05 11 0d 1d 05 05 14 04
page 118: 11 19 02 1a 1c 05 19 1a 1b 10 12 06 15 0c 00 04 0c 1b 11 1c 1c 02 12 0a 0f 0e 0e 03 19 0f 13 0e
page 119: 00
page 120: 7f
page 121: 00
page 122: 05 1e 03 12 04 1b 1d 18 09 07 17 09 0d 01 04 00 02 02 0d 11 16 04 0d 13 02 0d 0b 1d 01 0c 0c 16
page 123: 00
page 124: 00
page 125: 00
page 126: 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 8c e6 cf 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f 7f
page 127: 7f