## *Aufgabe 11:*

a) Erklären Sie die folgenden Begriffe:
Write through, Write back, Write allocate, Write to memory

b) Welche Cache-Arten kennen Sie?
Was bedeuten die Begriffe ***virtuelle*** und ***reale*** Caches?

c) Sie haben einen Rechner mit einem Cache-Speicher zwischen CPU und Hauptspeicher. Die Zugriffe auf die jeweiligen Speicher benötigen

| Zugriff | Anzahl Takte |
|---|---|
| Cache-Tag suchen | 1 |
| Aus dem Cache lesen | 1 |
| In den Cache schreiben | 1 |
| Aus dem Hauptspeicher lesen | 5 |
| In den Hauptspeicher schreiben | 5 |

Ermitteln Sie für die verschiedenen Kombinationen der Strategien aus Aufgabe a) die jeweils benötigten Takte bei Read/Write-Hit/Miss.

d) Ermitteln Sie für folgendes Programm die jeweiligen Cache-Inhalte und die Interaktionen mit dem Hauptspeicher. Dabei soll die Cache-Architektur ein direct-mapped Cache mit 4 Cache-Lines sein. Eine Cache-Line ist 4 Bytes lang. Jede Operation arbeitet auf einem 16-Bit-Wort. Eine Adresse ist durch die verwendete Hash-Funktion in folgende Komponenten unterteilt:

| Bits 4-31 | Bits 2+3 | Bits 0+1 |
|---|---|---|
| Tag | Cacheline | Index in der Cacheline |

Programm:
```
load    2718
load    271c
load    271A
store   271E
store   271C
load    1128
load    112E
store   0000
store   0002
```

© 1997, Universität Erlangen Nürnberg, IMMD IV *1.7.1997 08:07*
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Univ. Erlangen ist ohne Genehmigung der Autoren unzulässig



© 1997, Universität Erlangen Nürnberg, IMMD IV *1.7.1997 08:07*
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Univ. Erlangen ist ohne Genehmigung der Autoren unzulässig

## *Lösung Aufgabe 11:*

a) *Write-through* und *Write-back* sind Strategien zum Schreiben von Daten, die sich bereits im Cache befinden (*Cache-Hit*).

Bei Write-back wird der Schreibzugriff ausschließlich im Cache ausgeführt und dabei der Inhalt der entsprechenden Cache-Line als “dirty” markiert. Muß eine “dirty” Cache-Line ersetzt werden, so wird zunächst die Cache-Line in den Hauptspeicher zurückgeschrieben, bevor die zu ladenden Daten in den Cache transferiert werden können.

Bei einer Write-through-Strategie werden die Daten sowohl in den Cache als auch in den Hauptspeicher geschrieben. Der Schreibvorgang ist abgeschlossen, wenn die Daten in den Hauptspeicher geschrieben wurden.

Die Strategien *Write-allocate* und *Write-to-memory* werden eingesetzt, wenn die zu schreibenden Daten sich nicht im Cache befinden - der Schreibzugriff also einen *Cache-miss* verursacht.

Bei Write-to-memory wird der Schreibzugriff nur im Hauptspeicher durchgeführt, wobei der Inhalt des Caches sich nicht ändert.
Bei Write-allocate wird zunächst die passende Cache-Line geladen und anschließend ein normaler Schreibzugriff wie bei Cache-Hit durchgeführt.

b) Folgende Cache-Architekturen wurden vorgestellt:

- Direct-mapped Cache
- Two-way-associative Cache
- N-way-associative Cache
- Full-associative Cache

Bei virtuellen Caches werden virtuelle Adressen zur Indexierung innerhalb des Caches verwendet. Bei realen Caches dagegen werden physikalische Adressen eingesetzt, wodurch jeder Cache-Zugriff eine Adressauflösung durch die MMU benötigt.

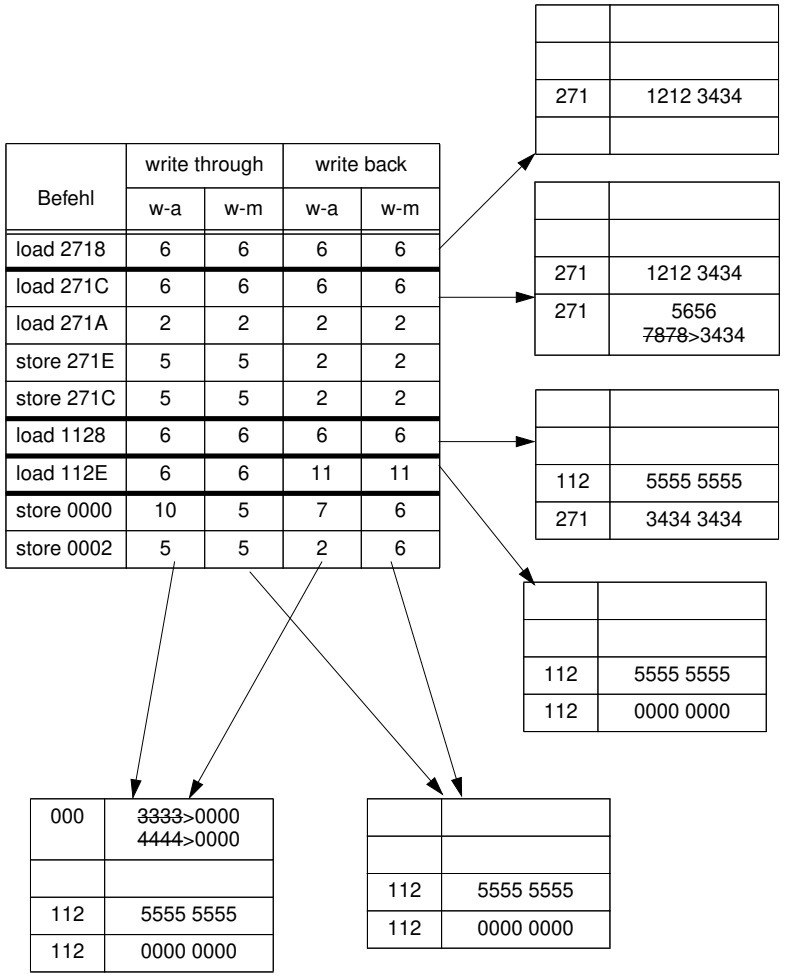
c)

| | Read | | Write | |
|---|---|---|---|---|
| | Hit | Miss | Hit | Miss |
| write through+write allocate | 2 | 6 | 5 | 10 |
| write through+write memory | 2 | 6 | 5 | 5 |
| write back+write allocate | 2 | 6/11 | 2 | 7/12 |
| write back+write memory | 2 | 6/11 | 2 | 6 |

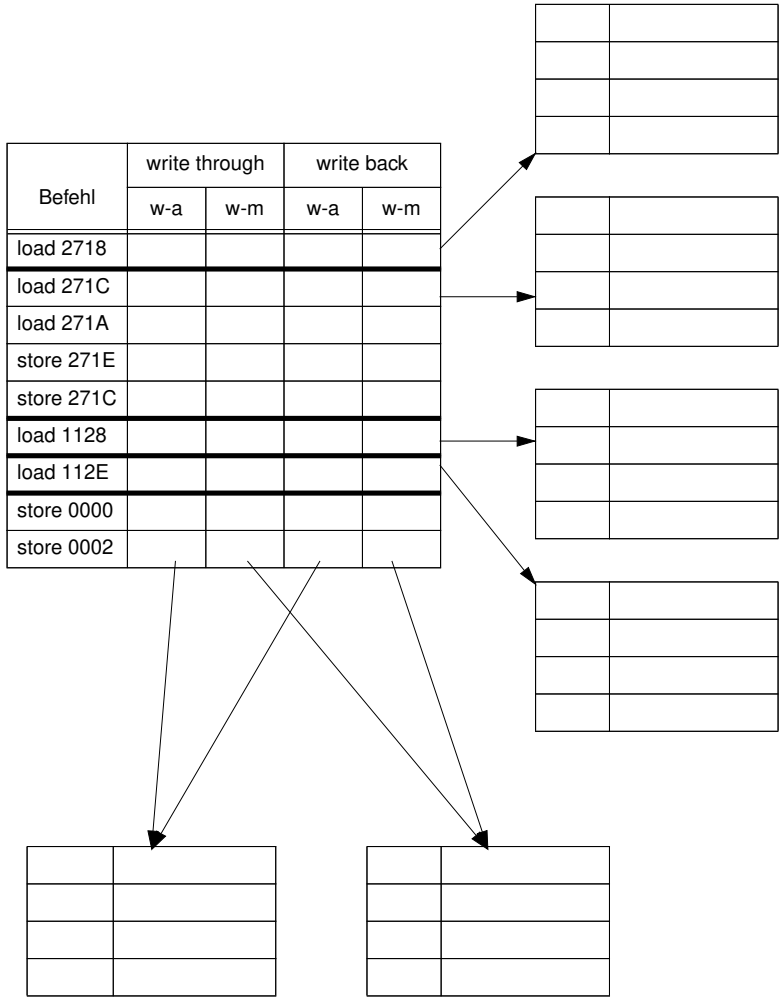
© 1997, Universität Erlangen Nürnberg, IMMD IV 1.7.1997 08:07
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Univ. Erlangen ist ohne Genehmigung der Autoren unzulässig



d)




© 1997, Universität Erlangen Nürnberg, IMMD IV 1.7.1997 08:07
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Univ. Erlangen ist ohne Genehmigung der Autoren unzulässig




© 1997, Universität Erlangen Nürnberg, IMMD IV
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Univ. Erlangen ist ohne Genehmigung der Autoren unzulässig




| Zugriff | Anzahl Takte |
|---|---|
| Cache-Tag suchen | 1 |
| Aus dem Cache lesen | 1 |
| In den Cache schreiben | 1 |
| Aus dem Hauptspeicher lesen | 5 |
| In den Hauptspeicher schreiben | 5 |

| | Read | | Write | |
|---|---|---|---|---|
| | Hit | Miss | Hit | Miss |
| write through+write allocate | | | | |
| write through+write memory | | | | |
| write back+write allocate | | | | |
| write back+write memory | | | | |

© 1997, Universität Erlangen Nürnberg, IMMD IV
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Univ. Erlangen ist ohne Genehmigung der Autoren unzulässig