

Core Data

IZA, Martin Hrubý, FIT VUT, 2020

#covid19

Úvod

- Přehled možností ukládat data v aplikaci.
 - Prop. soubory, UserDefaults, dokumenty, objektové kontejn.
 - Kdy se hodí dokumenty, kdy se hodí DB.
- **Objektový kontejner** — správa persistentních objektů. Objektová paměť.
 - Třída / Entita.
 - Reference mezi objekty.
 - Technická implementace — CD (Sqlite3, XML, ...), CloudKit.

Alternativy & Návaznosti

- Realm.
- Dropbox DB-API.
- CloudKit.
- CoreData+CloudKit.

Co je CoreData (CD)

- **Objektový kontejner.**
- Rozhraní k uložišti persistentních objektů:
 - Vkládání a rušení objektů.
 - Správa vazeb mezi objekty.
 - Dotazy (fetch).
- CD je z Foundation, tj. přenositelnost kódu na macOS (až na FRC).

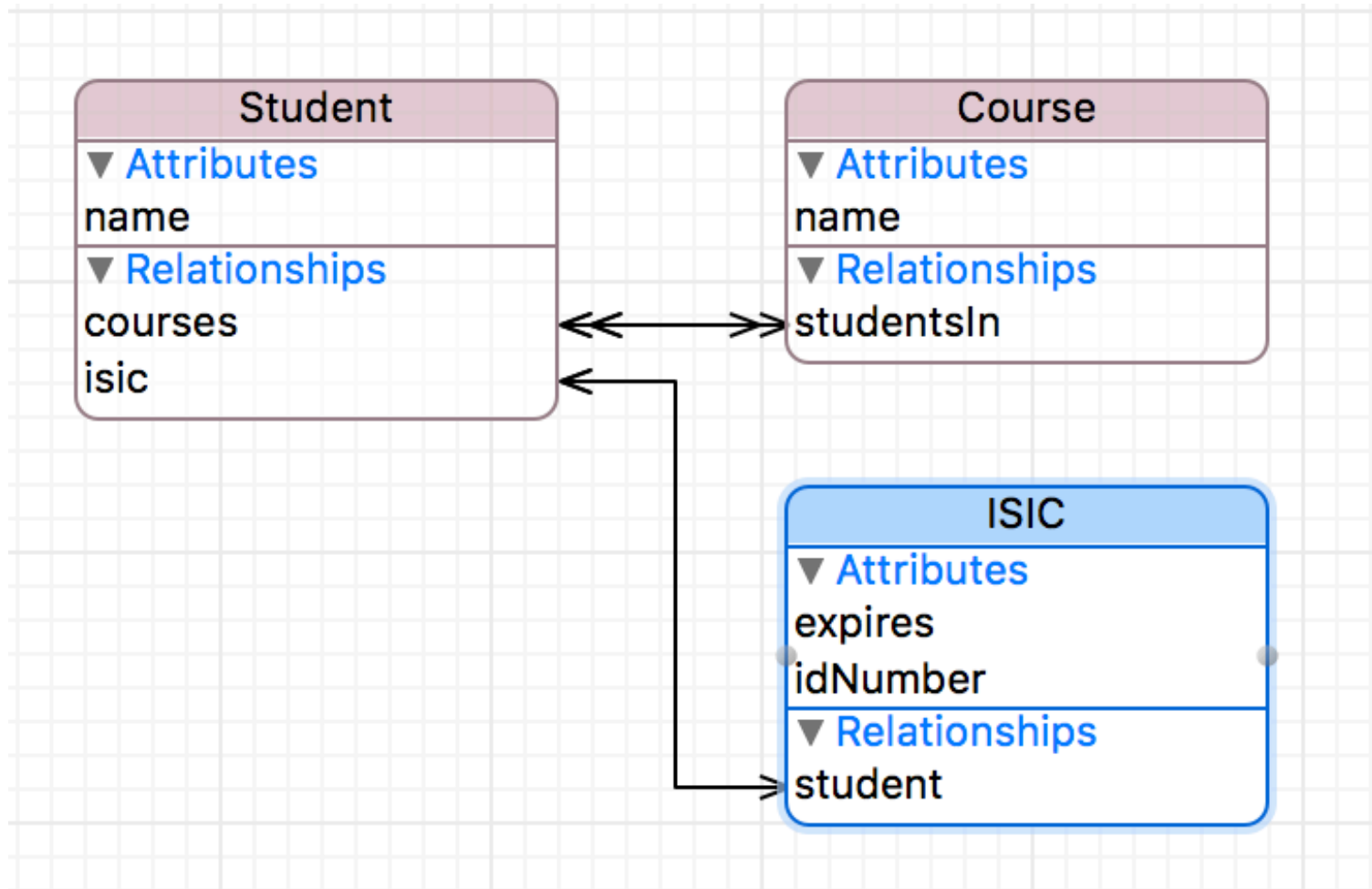
CoreData versus Rel DB

- CD nesplňuje typický relační datový model:
 - Projekce — nelze provést SELECT nad vybranými sloupci.
 - Join — nelze sloučit dvě relace.
- CD je pouze sada persistentních polí typu [ManagedObject].
 - Selekcce, uspořádání, počet prvků, vkládání, rušení.

Atributy Entity

- Uložené atributy — název, datový typ.
- Relationships — název, typ (1:1, 1:N), cíl, *inverzní vztah*.
- Fetched Properties — ????.
- Abstraktní entita — nemá uloženou podobu (tabulku), bude sloužit jako "parent".
- Parent entity (dědičnost entit).

XCode DB Model Editor



ENTITIES

- Course
- ISIC
- Student

FETCH REQUESTS

- allStudents

CONFIGURATIONS

- Default

▼ Attributes

Attribute	Type ^
S name	String
+ -	

▼ Relationships

Relationship ^	Destination	Inverse
M courses	Course	studentsIn
O isic	ISIC	student
+ -		

▼ Fetched Properties

Fetched Property ^	Predicate
+ -	

Relationship

Name

Properties Transient Optional

Destination

Inverse

Delete Rule

Type

Arrangement Ordered

Count Minimum

Maximum

Advanced Index in Spotlight

Deprecated

Spotlight Store in External Record File

User Info

Key	Value
+ -	

Versioning

Hash Modifier

Renaming ID

Objektová DB

- Význam referencí mezi objekty:
 - Nejsou režijní atributy relačního modelu jako klíče pro spojování záznamů (objektově orientované DB — GemStone).
 - 1:1 — Student "má" ISIC,
 - 1:N — Student "má zapsáno" [Course].
 - 1:N — Course "má" [Student]. V důsledků M:N.
- Ukládání referencí je ve správě / režii CD.
 - Obecně transformace DB-Modelu na DB-schema.

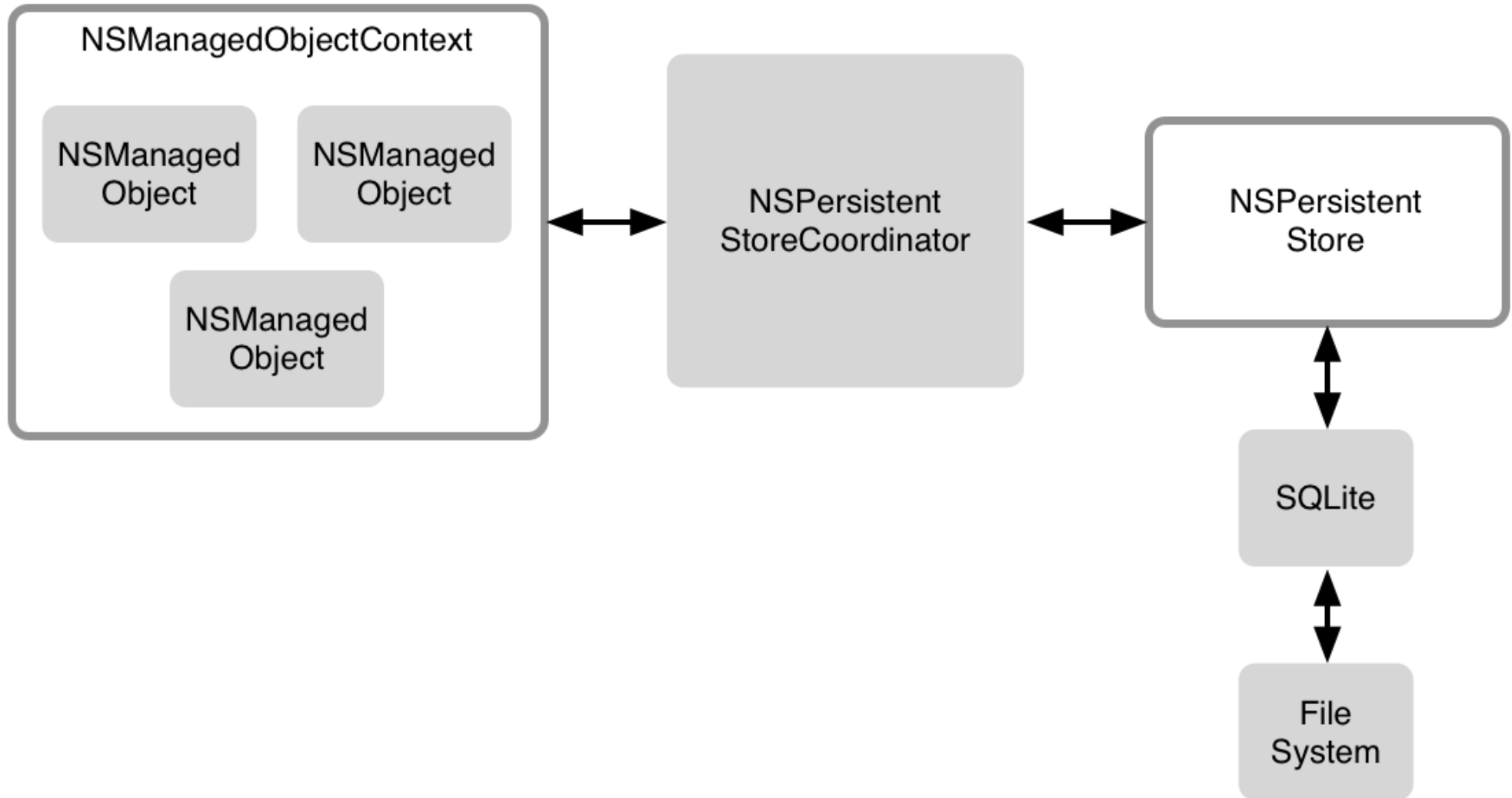
Co nás bude zajímat

- Architektura CoreData knihovny.
- Formulace datového modelu aplikace.
- Způsob integrace CD do aplikace.
- Způsob fungování CD.
- Synchronizovaná CD (Cloud) — ve spojení s CloudKit.
 - Návaznost na: UIDocument (kódování dat), CloudKit.

Architektura CD

- CD staví na principu *Key-Value Coding*, tj. pracujeme s *NSObject* (Foundation).
- *NSManagedObject* — persistentní objekt.
- *NSManagedObjectModel* — editor v XCode.
- *NSManagedObjectContext* — OO paměť.
- *NSPersistentStoreCoordinator* — řadič na fyzická uložení.
- *NSPersistentContainer* — novinka od iOS 10.

Typická infrastruktura CD



NSManagedObjectModel

- *NSEntityDescription, NSPropertyDescription.*
- Inicializuje se z URL v App-Bundle (spec formát).
- Verzování:
 - Automatické — "Add model version..." (XCode)
 - Manuální — stará / nová DB, transformace objektů.

NSPersistentStoreCoordinator

- Konstrukce: objekt s DB Modelem. Drží model.
- Umožňuje transformace DB (verzování).
 - V podstatě řízená kopie dat z jedné DB / Modelu do druhé DB / Modelu.
- Vykonává (serializuje) DB operace.
- NSPersistentStore — ovladač nad konkrétním uložištěm (SQLite3, XML, další).
 - Vlastní uživatelské ovladače na další typy uložišť.

Architektura celkově

- Instancuje se Model.
- Nad Modelem se instancuje StoreCoordinator.
 - Přidají se PersistentStores.
- Nad StoreCoordinatorem se konstruuje ManagedObjectContext (MOC).
- MOC je zapouzdřen v PersistentContainer.
- (MOCů lze mít v aplikaci více...)

Podporované typy uloř. atr.

- Primitivní:

- String.

- Int, Bool, Double — na rozdíl od Obj-C typy přímo (bylo NSNumber).

- Date — NSDate/Date.

- BinaryData — NSData/Data (BLOB) — kódovaná příloha (UIDocument, obrázek, soubor).

NSManagedObject

- V XCode Model editoru sestavíme Entities.
 - Codegen: Class definition (extension), Manual/None.
- Menu Editor-“Create Managed Subclass”
generujeme třídy pro entity:
 - soubor Entity+CoreDataClass.swift
 - soubor Entity+CoreDataProperties.swift
- Třída pro Entitu je @objc, odvozená z NSManagedObject.

MO v moderním Swiftu

- Třídy pro MO se generují během překladu.
- Vytváříme extensions pro dodatečnou funkcionalitu
 - Opakování: extensions neumožňují dodatečné uložené atributy objektu. Pak nutnost vygenerovat třídy do kódu.
 - Statické metody — konstruktory objektů, dotazů, predikátů.
 - Instanční metody — funkcionalita nad objekty.

NSManagedObject properties

- Uložené atributy Entity se generují do kódu třídy jako *@NSManaged var Navez: Typ?*
- *Typ?* — objekt se konstruuje bez hodnot (odložené načtení z DB, prázdná hodnota, ...).
- *@NSManaged* — v Objective-C je jako *@dynamic* property (překladač negeneruje její getter / setter) — KVC, dynamicky.

Dynamika NSManagedObjectContext

- Objekt se instancuje (záležitost jazyka Swift / Objective-C).
- Stane se "managed" — je pod správou MOC:
 - iniciováno fetchem — naplnění daty je odloženo.
 - iniciováno aplikací (vytvoření nového) — nemá záznam v DB.
- Spojení datových atributů MO s DB podstatou.
 - KVC, dynamika.

Pozadí managed property

- Čtení object "." property:
 - V Objective-C vždy primitivní atribut "_property" a volání getteru
 - -(Typ) property { return _property; }
- Property je @dynamic (@NSManaged)
 - Volání getteru je nahrazeno:
 - *valueForKey(key: "property")* — Objective-C.
 - *value(forKey: "property")* — Swift.

value(forKey: "property")

- MO zná svůj datový model (soupis properties).
- Pokud je "property" uložený atribut CD, pak:
 - pokud je objekt načtený, vrátí primitivní hodnotu,
 - pokud objekt není načtený (faulting), pak aktivuje načtení ze svého záznamu a vrátí pak primitivní hodnotu.
 - tj. -> MOC -> PersistentCoordinator -> PersistentStore.
- Podobně setValueForKey.
- Režie při přístupu na atributy. Vlákno.

Celkově MO

- Stále je to třída / objekt — další prvky OOP (metody, atributy apod). Uložené atributy.
 - instanciace: NSEntityDescription, MOC.
- Settery / Gettery uložených atributů jsou "managed".
- Stav MO. Pozor na referencování.
 - objectID. Kolekce MO, FRC, mazání objektů.
 - isInserted, isUpdated, isDeleted, ...

ManagedObjectContext

- Správa MO. MO má vazby na MOC.
 - **MO je stále objektem v kontextu jazyka...** datový delete ho odstraňuje z MOC/CD, ale může být referencován jinde.
 - ... tj přemýšlet nad vkládáním MO do kolekcí vzhledem k operaci delete.
- Rozhraní pro operace vkládání, rušení, fetch.
- **Všechno je odložené!** Načítání, inserty, update.
 - `saveContext()` — vykoná insert/update nad objekty.

CD z pohledu aplikace

- Globální aplikační objekt (AppDelegate) vlastní reference na CD objekty (MOC, Model, PersistentStoreCoordinator) — "trojice".
- Od iOS10 zavedeno zapouzdření "trojice" do `NSPersistentContainer`.
 - lazy var property, persistentContainer: `NSPersistentContainer`.
 - `UIApplication.shared.delegate as! AppDelegate`

Vytvoření nového objektu

- `NSEntityDescription` — Metadata o zadané entitě. Datový model se bere z MOC.
- Nový MO se stává součástí kontextu, ovšem zatím pouze v paměti MOC. Datový insert je odložen.

```
// application delegate
let _appd = UIApplication.shared.delegate as! AppDelegate
// managed object context
let _vc = _appd.persistentContainer.viewContext
// nový MO
let _newStudent = NSEntityDescription.insertNewObject(forEntityName:
"Student", into: _vc) as! Student
// generovaná procedura pro vyprazdnení cache MOC
_appd.saveContext()
```

Generované třídy pro MOs

```
@objc(ISIC)
public class ISIC: NSManagedObject {
    @NSManaged public var expires: NSDate?
    @NSManaged public var idNumber: String?
    @NSManaged public var student: Student?
}
```

```
@objc(Student)
public class Student: NSManagedObject {
    @NSManaged public var name: String?
    @NSManaged public var courses: NSSet?
    @NSManaged public var isic: ISIC?
    //
    @objc(addCoursesObject:)
    @NSManaged public func addToCourses(_ value: Course)

    @objc(removeCoursesObject:)
    @NSManaged public func removeFromCourses(_ value: Course)
}
```

Příklad konstrukce MO

```
@objc(Student)
public class Student: NSObject {
    //
    class func create(inMOC: NSObjectContext,
                     name: String) -> Student
    {
        // Pozn.: dnes zkratka: Student(context: inMOC)
        let _mo = NSObjectDescription.insertNewObject(forEntityName:
"Student",
                                                    into: inMOC) as!
Student

        //
        _mo.name = name

        //
        return _mo
    }
}
```

Extension třídy MO

- Každé entitě DB-Schematu přísluší třída ve Swiftu!
 - Lze ji rozšířit "extension Student",
 - Může mít uložené (nejsou-managed) atributy,
 - Může mít instanční a třídní metody.

Propojování vazeb

- Apple velmi silně doporučuje definovat veškeré *relationships* jako *obousměrné* (každá má inverzní variantu).
- CoreData spravuje obě vazby, tj. stačí nastavit (nulovat) jednu.
 - 1:1 — jednoduché.
 - 1:N — nastavit ze strany 1:
 - M:N — generované procedury.

Relationships

Relationship ^

Destination

Inverse

M studentsIn

Student

↕ courses ↕

Relationship ^

Destination

Inverse

M courses

Course

↕ studentsIn ↕

O isic

ISIC

↕ student ↕

+ -

Relationship ^

Destination

Inverse

O student

Student

↕ isic ↕

Propojování vazeb

```
let _courseIZA = Course(context: _vc)

// nastaveni vazby 1:1
_newISIC.student = _newStudent
// ekvivalent je (neni treba provadet)
// (CoreData nastavuje inverzi automaticky)
_newStudent.isic = _newISIC
// 1:N, M:N
_newStudent.addToCourses(_courseIZA)
// ekvivalent
// opet, CD provede automaticky
// z predchoziho prikazu
_courseIZA.addToStudentsIn(_newStudent)
```


Rušení vazeb

- Nastavit na nil (setter v MO opět provede i inverzní variantu vazby).
 - Pozor na MO, které pak zůstanou nereferencované.
- Generované procedury — add / remove.
- Správa vazeb v okamžiku mazání (delete) MO.
 - Je údajem o relationship (editor modelu).
 - Delete rule — No Action, Nullify, Cascade, Deny.

Mazání objektu, Delete rule

- $A \rightarrow B$. Chceme smazat objekt A, který se váže na B prostřednictvím relation R (delete rule).
- No Action — referencovaný objekt B nedostává žádnou zprávu. Smysl???
- Nullify (impl.) — provede se nulování inverzní vazby a B zůstává.
- Cascade — maže navázaný objekt B. Dále kaskádově.
- Deny — odmítne akci, tj. A lze smazat pouze pokud nemá vazbu na B. Vazba R zamítne smazání A.

Fetch request

- DB operace typu `SELECT ... FROM ... WHERE`
 - Pozor: načítá se objekt z kontejneru. Není zde projekce.
- `NSFetchRequest<CLASS>(entityName: String)`
- Volitelné parametry:
 - `predicate` — `NSPredicate`
 - `sortDescriptors` — `[NSSortDescriptor]`
 - `fetchLimit` — `Int`.
- `try MOC.fetch(request)as! [CLASS]`

FetchRequest, resultType

- *NSFetchRequestResultType*
 - *managedObjectResultType* — vrátí MO objekty.
 - *managedObjectIDResultType* — vrátí ID objektů.
 - *dictionaryResultType* — vrátí Dictionary klíč-hodnota (???).
Lze specifikovat soupis atributů.
 - *countResultType* — vrátí počet záznamů, které by vyšly na dotaz.
- Pozn.!!! *MOC.fetch(...)* je paměťová operace, tj. kombinuje MO v paměti a disk.

Agregace apod

- Lineární fetch. Zbytek nutno vypočítat v programu.
- Vycházíme z představy OO modelu, kde s MO jde společně i množina referencí, tudíž konvenční JOIN zde neexistuje.

NSPredicate

- NSPredicate(format: String, ...)
 - %@ — symbol pro vložení hodnoty objektu z argumentů.
 - %K — key-path.
 - ==, =, <, >, AND, OR, ...
 - BEGINSWITH — format: "%@ BEGINSWITH 'Hell'", "Hello"
 - CONTAINS[cd] — (c)ase insensitivity, (d)iacritic insensitivity.
 - LIKE — *, ?

NSPredicate, keypaths

- Uložené atributy.
- Relationships (keyPaths):
 - "isic.idNumber == '123'"
 - "studentsIn.@count > 0" - @count
- Pozn.: compound predicate
- Pozn.: transformace predikátu na SQL select where.

NSSortDescriptor

- Jméno klíče, ascending: Bool.
- `fetch.sortDescriptors = [Sd1, sd2, ...]`

CoreData jako dataSource

- TableViewController, fetch, pole výsledků.
- Dynamika:
 - zpráva o případné změně obsahu nějakého Fetch, tj. ...
 - ... do výběru objektů (select) by se dostal nový další,
 - ... objekt z výběru změnil obsah.
- NSFetchedResultsController.

Fetch, demo

```
class ViewController: UITableViewController {  
    // pole objektu pro tabulku  
    var content: [Student] = []  
    //  
    override func viewDidLoad() {  
        //  
        super.viewDidLoad()  
        // pristup na MOC referencovany z AppDelegate  
        let moc = (UIApplication.shared.delegate as!  
AppDelegate).persistentContainer.viewContext  
        // konstrukce dotazu -> template, vysledek [Student]  
        let fetchr = NSFetchRequest<Student>(entityName: "Student")  
        // provedeni dotazu  
        if let _results = try? moc.fetch(fetchr) {  
            //  
            content = _results; tableView.reloadData()  
        }  
    }  
}
```

PC, MOC

```
//  
func PC() -> NSPersistentContainer {  
    //  
    return (UIApplication.shared.delegate as! AppDelegate).persistentContainer  
}  
  
//  
func MOC() -> NSManagedObjectContext {  
    //  
    return PC().viewContext  
}
```

```

class ViewController: UITableViewController {
    // pole objektu pro tabulku
    var content: [Student] = []
    //
    override func viewDidLoad() {
        //
        super.viewDidLoad()
        // fetch se provede az po vykresleni VC
        DispatchQueue.main.async {
            // pristup na MOC referencovany z AppDelegate
            let moc = (UIApplication.shared.delegate as!
AppDelegate).persistentContainer.viewContext
            // konstrukce dotazu -> template, vysledek [Student]
            let fetchr = NSFetchRequest<Student>(entityName: "Student")
            // provedeni dotazu
            if let _results = try? moc.fetch(fetchr) {
                //
                self.content = _results; self.tableView.reloadData()
            }
        }
    }
}

```

Vláknová vsuvka do CD...

- Globální aplikační MOC je v režimu hlavního vlákna, tj.
 - Všechny operace nad MOC jsou synchronní!
 - všechny druhy přístupů na MOC/MO v MT,
 - insert/delete, getter/setter na MO.
- Budeme totiž chtít přejít s CD do globálních vláken.
 - Budeme chtít zapnout/vypnout synchronní napojení UI.

NSFetchedResultsController

- Controller nad FetchResults. Observer MOC.
 - Dostává zprávy o změnách na Entitě (insert / update / delete).
 - Analyzuje změny a formuluje elementární změny ve svém datasource.
- Atributy FRC:
 - fetchRequest — sortDescriptor **povinný**.
 - řazené pole objektů MO. Přistupujeme *frc.object(at: IndexPath)*
 - delegate.

FRC, sestavení

- FetchRequest, sortDescriptors.
- Perform Fetch:
 - provede první fetch a uspořádá si objekty do interního pole,
 - další změny nad objekty analyzuje a předává svému delegate.
- FRC je pouze pro iOS.
 - NSArrayController v Cocoa.
 - v Cocoa (macOS) mírně odlišný koncept tabulek (sloupce).

```
//
var FRC: NSFetchedResultsController<Student>!

//
func initFRCStudents() {
    // FR
    let _fetchStudents = NSFetchRequest<Student>(entityName:
"Student")
    let _sortByNameUP = NSSortDescriptor(key: "name", ascending:
true)

    // povinna polozka FRC, jinak lehne
    _fetchStudents.sortDescriptors = [ _sortByNameUP ]

    // bez pouziti sections
    FRC = NSFetchedResultsController(fetchRequest: _fetchStudents,
managedObjectContext: MOC,
sectionNameKeyPath: nil,
cacheName: nil)

    // NSFetchedResultsControllerDelegate
    FRC.delegate = self

    // Prvotni nacteni obsahu, inicializace
    try! FRC.performFetch()
}
```


NSFetchedResultsControllerDelegate

- FRC je schopno synchronizovat načtené pořadí objektů s případným znovu-fetchem.
- `controllerDidChangeContent` — obecná zpráva, pak zřejmě `tableView.reloadData()`

```
func _controllerDidChangeContent(_ controller:
NSFetchedResultsController<Student>)
{
    //
    self.tableView.reloadData()
}
```

FRC Delegate, editace tabulky

- willChangeContent,
- didChangeObject,
- controllerDidChangeContent

```
func controllerWillChangeContent(_ controller:
NSFetchedResultsController<NSFetchRequestResult>)
{
    tableView.beginUpdates()
}

//
func controllerDidChangeContent(_ controller:
NSFetchedResultsController<NSFetchRequestResult>)
{
    tableView.endUpdates()
}
```

• • •

```
//  
func controller(_ controller:  
NSFetchedResultsController<NSFetchRequestResult>,  
    didChange anObject: Any,  
    at indexPath: IndexPath?,  
    for type: NSFetchedResultsControllerChangeType,  
    newIndexPath: IndexPath?)  
{  
    //  
    switch type {  
    case .insert:  
        //  
        tableView.insertRows(at: [newIndexPath!], with: .fade)  
    default:  
        //  
        ()  
    }  
}
```

FRC jako obecný dataSource

- Konstrukce FRC a obsluha delegátského protokolu — stále stejný kód.
 - Nutno: `NSFetchRequest<NSFetchRequestResult>`, pak přetypovávat objekty pole.
- Liší se pouze procedura pro konfiguraci buňky.
- Univerzální dataSource.

FRC, UITableViewDataSource

```
func numberOfSections(in tableView: UITableView) -> Int {
    //
    return FRC.sections!.count
}
func tableView(_ tableView: UITableView,
               numberOfRowsInSection section: Int) -> Int
{
    //
    return FRC.sections![section].numberOfObjects
}
func tableView(_ tableView: UITableView,
               cellForRowAt indexPath: IndexPath) -> UITableViewCell
{
    //
    let _cell = tableView.dequeueReusableCell(withIdentifier:
"cell",
                                           for: indexPath)

    //
    delegate(FRC.object(at: indexPath), _cell)
    //
    return _cell
}
```

FRC, princip

- MOC generuje NSNotification na události (update property, insert, delete).
- FRC je observer (NotificationCenter).
- Filtruje události přes svojiFetchRequest, případně preposílá.
- Pokud plánujeme rozsáhlejší aktualizaci obsahu MOC, pak raději v lokálním / dočasném MOC, pak uložit změny.
- ... jinak to bude hýbat UI řízenou FRC.

MOC, undo management

- MOC sbírá události o změnách ve svých MO.
 - insert, delete, update (setter z MO).
- processPendingChanges()
 - automaticky invokováno z RunLoop. **Nevíme kdy...**
 - MOC rozešle (sync) událost o provedení změny.
 - FRC reaguje: začátek změn, popis změn, konec změn.

Použití více MOC. Důvody.

- Změny MO do MOC synchronně (FRC) volají UI.
- Transakční práce nad MOC (různé důvody).
 - Editace objektu. Operace, které mohou havarovat, ...
- Větší změny do MOC (import, export).
- Parent MOC, vedlejší MOC (+ jaké vlákno).
 - fetch(...) bere z parent MOC.
 - save() se promítne do parent MOC.

Aktualizace MO na pozadí

- `mainMOC.save()`
 - `mainMOC.automaticallyMergesChangesFromParent = true`
- `mainMOC -> newMOC`
 - `fetch, insert, delete, aktualizace MO` — bez vazby na UI.
 - globální vlákno.
 - `newMOC.save()` -> promítne změny do `mainMOC`
- `mainMOC.save()`

Aktualizace MO na pozadí

```
func onBackground() {
    //
    let _appd = UIApplication.shared.delegate as! AppDelegate
    let _vc = _appd.persistentContainer
    // detsky MOC k hlavnímu MOC, pojedě v separátní frontě
    let _nb = _vc.newBackgroundContext()
    // save() provede merge do MOC
    MOC.automaticallyMergesChangesFromParent = true
    // do background vlákna/fronty
    _nb.perform {
        //
        let _fr = NSFetchRequest<Course>(entityName: "Course")
        //
        if let _res = try? _nb.fetch(_fr) {
            //
            for _c in _res {
                //
                _c.name = "Zapsano-" + _c.name!
            }
        }
        // proved změny do hlavního MOCu
        try! _nb.save()
    }
}
```

Tabulky nad objekty, kaskáda

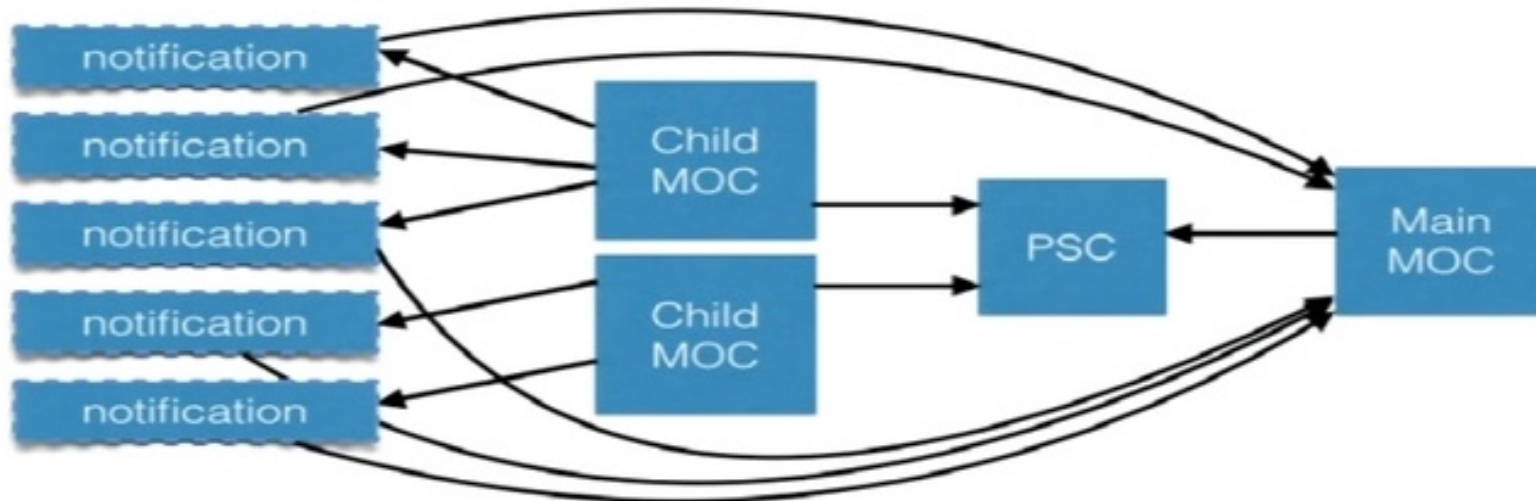
- DataSource — fetch, fetchResultsController, primitivní pole.
- Situace:
 - Table-VC-1 na FRC[Course]. Na selekci TVCell další VC s detailem na course.studentsIn — Set<Student>
 - Table-VC-2: buď nad polem [Student] nebo nad FRC s patřičným NSPredicate.
 - `_fetchStudents.predicate = NSPredicate(format: "courses CONTAINS %@", selectedCourse)`

Ukládání managed kontextu

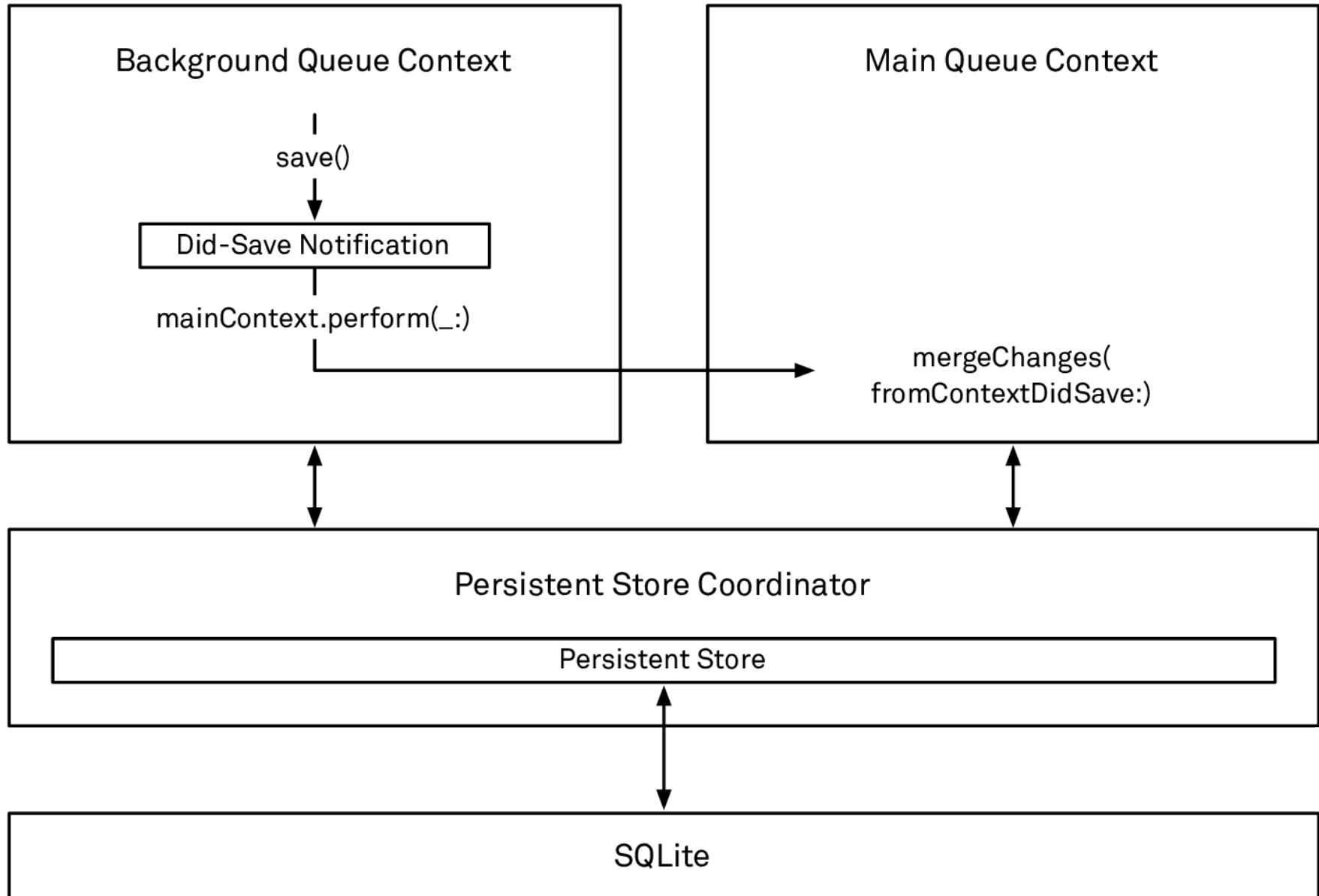
- *Veškeré operace nad objekty MO jsou s odloženým zápisem!*
- Kdy provádět MOC.save():
 - podle důležitosti při každé změně MO,
 - applicationDidEnterBackground,
 - applicationWillTerminate,
 - ... asi i před spuštěním child-MOC vlákna.

Threading, CD

- Operace MOC by měly být vykonávány přes nějakou sériovou frontu: MainQueue nebo privátní fronta MOC.
- Více-vláknová App — klony MOC. Klony MO.



Slučování MOC



```

let jsonArray = ... //JSON data to be imported into Core Data
let moc = ... //Our primary context on the main queue

let privateMOC =
NSManagedObjectContext(concurrencyType: .PrivateQueueConcurrencyType)
privateMOC.parentContext = moc

privateMOC.performBlock {
    for jsonObject in jsonArray {
        let mo = ... //Managed object that matches the incoming JSON structure
        //update MO with data from the dictionary
    }
    do {
        try privateMOC.save()
        moc.performBlockAndWait {
            do {
                try moc.save()
            } catch {
                fatalError("Failure to save context: \(error)")
            }
        }
    } catch {
        fatalError("Failure to save context: \(error)")
    }
}
}

```

Aktualizace MO na pozadí

```
let jsonArray = ...
let container = self.persistentContainer

container.performBackgroundTask() { (context) in
    for jsonObject in jsonArray {
        let mo = EmployeeMO(context: context)
        mo.populateFromJSON(jsonObject)
    }
    do {
        try context.save()
    } catch {
        fatalError("Failure to save context: \(error)")
    }
}
```


Příště...

- (Realm DB — Filip Klembara.)
- UIDocuments, kódování dat.
- CloudKit.
- Synchronizace dat mezi databázemi na různých zařízeních uživatele v rámci aplikace.