

Swift III.: Protokoly & Generické programování

Programování zařízení Apple (IZA)

Martin Hrubý, FIT VUT, 2021/22

Něžný úvod do Protokolů & Extensions

Protokol = sada hlaviček funkcí

- Delegátství - objekt `A.delegate` referencuje `B:Protokol` a posílá mu zprávy protokolu `Protokol`
- DataSource - forma delegátství, kdy je cílem model obsahu
- ... a dnes i nové pohledy na protokol

Extension = vlastnost jazyka, dodatečné doplnění rozhraní

Pozn.: organizace zdrojových textů (hlavičky, extensions, packages - public)

Extension

Smalltalk world. Objective-C. Nyní i ve Swiftu.

```
extension Int {  
    // NELZE doplnit data, POUZE kód  
    var kratDva: Int { self * 2 }  
}  
  
//  
let a = 10  
let b = a.kratDva
```

Smím dodat nové funkce (vypočtené props) do

- tříd, struktur, enum - rozšiřuji interface
- protokolů - **co budou značit funkcionality dodané do protokolů???**

Extension struct & class

```
class TRIDA {
    // atributy
    var cislo: Int
}
//
extension TRIDA {
    // metody instanční a statické
    func hello() { }
    static func helloStatic() { }

    // property, avšak bez rozšíření dat
    var cisloAsString: String {
        //
        get { return "\(cislo)" }
        set {
            if let _c = Int(newValue) {
                cislo = _c
            }
        }
    }
}
}
```

Extension struct & class

Extension je jediný způsob dodání metod do `enum`.

```
enum Message {
  case none
  case normal(String)
}
//
extension Message: CustomStringConvertible {
  //
  var description: String {
    // self...
    switch self {
      case .none: return "none"
      case .normal(let X):
        return "normalni:\(X)"
    }
  }
}
```

Protokol

Definice: Protokol je pojmenovaná sada hlaviček funkcí.

```
protocol KamHlasimUdalosti /* : AnyObject */ {  
    //  
    func startuju()  
    func hotovyVypocet(vysledek: Data)  
    //  
    var mamPokracovat: Bool { get }  
}
```

Původním smyslem protokolů bylo **delegátství**. Objekt objektu hlásí zprávy z protokolu, případně žádá vstupy (**DataSource**).

Implementovat protokol

```
// class, struct (, enum)
class ViewController : KamHlasimUdalosti {
    //
    func startuju() { print("Uz to jede...") }
    func hotovyVypocet(vysledek: Data) { ... }
    var mamPokracovat: Bool { true }
}
```

Typičtěji však via Extension.

```
//
class ViewController { ... }
// Objective-C: tzv. category
extension ViewController : KamHlasimUdalosti {
    //
    func startuju() { print("Uz to jede...") }
    func hotovyVypocet(vysledek: Data) { ... }
    var mamPokracovat: Bool { true }
}
```

Hodnota typu "protokol"

Hodnota typu `KamHlasimUdalosti` je "cosi", komu lze poslat zprávu z protokolu. Víc o něm nevíme.

```
func nastartuj(p: KamHlasimUdalosti) {  
    //  
    p.startuju()  
    //  
    while p.mamPokracovat == true {  
        //  
        p.hotovyVypocet(vysledek: ...)  
    }  
}
```


Properties v protokolu

```
protocol MujProtokol {  
    // get  
    var mamPokracovat: Bool { get }  
  
    //  
    var seznam: [String] { get set }  
}
```

Hodnota typu "protokol"

Hodnota typu `KamHlasimUdalosti` je "cosi", komu lze poslat zprávu z protokolu. Víc o něm nevíme.

```
class TRIDA {
    // hodnota typu KamHlasimUdalosti
    // weak => protokol je AnyObject
    weak var delegate: KamHlasimUdalosti?

    //
    func hlaseni() {
        //
        delegate?.startuju()
    }
}
```

Producent-Konzument, ref cyklus

```
// Producent nějakých událostí, dat
class Pracovnik {
    // delegátská reference
    weak var delegate: KamHlasimUdalosti?
    // ...
    func delamPraciAsyncAPakVolam() {
        // ...
        delegate?.mamHotovo(prac: self, vysledky)
    }
}

// Konzument. Je VLASTNÍKEM producenta
class Zadavatel {
    var pracovnik: Pracovnik?
    //
    func hokna() {
        pracovnik = Pracovnik(delegate: self)
        pracovnik.delamPraciAsyncAPakVolam()
    }
}
```

Prod-Konzument, stav konzumenta

```
//  
class MujViewController: UIViewController {  
    var pracovnik: Pracovnik?  
    //  
    func akceNaTlacitko() {  
        // stav objektu!  
        // disable() na tlačítko, nejak ošetřit  
        guard pracovnik == nil else { ... }  
        //  
        pracovnik = Pracovnik(delegate: self)  
        pracovnik.delamPraciAsyncAPakVolam()  
    }  
}
```

Delegátství je relikv z UIKit

UIKit=hromady protokolů roztodivných jmen:

- `NSFetchedResultsControllerDelegate`
- `UITableViewDataSource`

Ve SwiftUI je tento koncept už mimo.

Delegátské protokoly postupně nahrazovány closures.

Prod-Konzument, @escaping closures

```
//
class Pracovnik {
    // delegátská reference !!! REF-CYCLE
    var delegate: (Results) -> ()
    // ...
    func delamPraciAsyncAPakVolam() {
        // ...
        delegate(results)
    }
}
// Konzument. Je VLASTNÍKEM producenta
class Zadavatel {
    var pracovnik: Pracovnik?
    //
    func hokna() {
        pracovnik = Pracovnik { result in
            // nekam si to zapíšu
            self.pracovnik = nil
        }
        //
        pracovnik.delamPraciAsyncAPakVolam()
    }
}
```

Escaping closure

Beru si kopii `weak self`. Co to znamená?

```
//  
class Pracovnik {  
    // delegátská reference  
    var delegate: (Results) -> ()  
}  
// Konzument. Je VLASTNÍKEM producenta  
class Zadavatel {  
    var pracovnik: Pracovnik?  
    //  
    func hokna() {  
        pracovnik = Pracovnik { [weak self] result in  
            guard let _self = self else {...}  
            // nekam si to zapíšu  
            _self.cosikdesi = result  
            _self.pracovnik = nil  
        }  
    }  
}
```

Referencování producenta

Referenci na `Pracovník` je třeba někde držet. Typicky:

- explicitně v uložené prop objektu
- automaticky v nějaké frontě (`OperationQueue`, `GCD`)

Delegátství (varianty):

- `weak var delegate: TYP? ; TYP` je referencovatelné
- `var delegate: (Result)->()` a `[weak self]`

Pozn.: (!!!) objekty musí komunikovat výhradně přes hlavní vlákno (bude jasné později).

Protokol jako vlastnost

`Self` je symbol pro TYP implementátora.

Tady už začíná mít protokol **generické chování**.

```
protocol Comparable {  
    // Self = typ mě, až to budu implementovat  
    static func < (l: Self, r: Self) -> Bool  
}
```

Implementátor garantuje binární operaci `<` nad sebou.

```
// NELZE  
protocol Comparable {  
    // NELZE  
    static func < (l: Comparable, r: Comparable) -> Bool  
}  
// Pokud bychom toto chtěli, pak šablonovitě
```

Protokol jako vlastnost

```
struct Event: Comparable {  
    //  
    let time: Date  
    let priority: Int  
  
    //  
    static func < (l: Event, r: Event) -> Bool {  
        //  
        if l.time == r.time {  
            //  
            return l.priority > r.priority  
        }  
  
        //  
        return l.time < r.time  
    }  
}
```

Protokol -> extension důsledky

Implementátor garantuje binární operaci `<` nad sebou.

Abstraktní chování založené na protokolu.

```
// Array je šablona s typovým argumentem Element
struct Array<Element> {}

// vkládám EXTENSION nad Array pro
extension Array where Element: Comparable {
  //
  var sorted: [Element] { ... s pomocí < }
}
```

Protokol jako vlastnost

Swift Standard Library. (pak je ještě Foundation)

- `Equatable`, `==`, abstraktně sekvenční vyhledávání
- `Identifiable`, `id: Hashable`
- `Hashable` -> hash hodnota pro `Self`
- `CustomStringConvertible`, `description: String`
- `Codable` -> JSON encoder/decoder

Identifiable

```
struct Record: Identifiable {
    // libovolně implementované get "id"
    // splňující Hashable
    let id = UUID()
    let jmeno: String
}

//
struct Person: Identifiable {
    //
    let rodneCislo: String
    var id: String { rodneCislo }
}

//
class TRIDA: Identifiable {
    //
    var id: ObjectIdentifier { ObjectIdentifier(self) }
}
```

Hashable

```
//
struct Clovek: Hashable {
    //
    let rc: String
    let jmeno: String
    // nacpi to do Hasher, on z toho udela HASH value
    func hash(into hasher: inout Hasher) {
        //
        hasher.combine(rc)
        hasher.combine(jmeno)
    }
}

// struct Set<Element> where Element: Hashable {}
typealias SetOfClovek = Set<Clovek>
typealias MapOfClovek = [Clovek:String]
```

CustomStringConvertible

```
//
struct Clovek: CustomStringConvertible {
    //
    let rc: String
    let jmeno: String

    // využito i při ladění v XCode
    var description: String {
        // formátování stringu
        "Clovek \ (jmeno), RC: \ (rc)"
    }
}

//
let c = Clovek(...)

//
print(c)
```

Třídní protokol

Potřebuji někdy přikázat, aby případný implementátor byl třídou, tj měl referencovatelnou podobu.

```
// tento protokol bude mít třídní chování
protocol JenomProTridy: AnyObject {
    //
}
```

`self` je mutable, referencovatelné

Dědičnost protokolů

Protokoly mohou slučovat vlastnosti/požadavky jiných protokolů.

Proč bychom to chtěli? Protokol vyjadřuje:

- delegátství, data source (typické pro UIKit)
- zobecnitelnou vlastnost - Comparable, Hashable, Identifiable
- požadavek na rozhraní někoho

Pak lze vytvářet abstraktní sdílené chování.

```
// protokol Codable je sloučení...
protocol Codable: Encodable & Decodable {
    //
}
```

Dědičnost protokolů

Kolem každého protokolu vzniká nějaká abstraktní funkcionality a model chování. To může mít hierarchii.

```
protocol NotOrdered { ... }
// nějaké abstraktní chování
extension NotOrdered {
    //
    func cosi() {}
}

// dědím a rozšiřuji
protocol Ordered: NotOrdered {
    //
}
// dodám další abstraktní chování do protokolu
extension Ordered {
    //
    func necoDalsihi() {
        //
    }
}
```

Dědičnost struktur a enum

```
struct StrA: Ordered {  
    //  
}
```

StrA implementuje protokol a **současně získává jeho chování** (z extensions). Struktury ve Swiftu nemají dědičnost.

V důsledku: Lze u struktur imitovat dědění metod a atributů, tj. OOP. Uvidíme to i SwiftUI.

V tomto smyslu jsou abstrakce prostřednictvím protokolů obecnější než OOP.

Generické programování

Protokoly: `associatedtype`

Úvod

Je třeba zopakovat, že protokol dává možnost deklarovat abstraktní chování platné pro všechny jeho implementátory.

```
protocol HavingAName {  
    //  
    var name: String { get }  
}  
  
//  
extension HavingAName {  
    //  
    func hello() { print("Hello \(name)") }  
}
```

SwiftUI View

```
public protocol View {  
  
    /// The type of view representing the body of this view.  
    ///  
    /// When you create a custom view, Swift infers this type from your  
    /// implementation of the required ``View/body-swift.property`` property.  
    associatedtype Body : View  
  
    /// The content and behavior of the view.  
    ///  
    /// When you implement a custom view, you must implement a computed  
    /// `body` property to provide the content for your view. Return a view  
    /// that's composed of built-in views that SwiftUI provides, plus other  
    /// composite views that you've already defined:  
    ///  
    ///     struct MyView: View {  
    ///         var body: some View {  
    ///             Text("Hello, World!")  
    ///         }  
    ///     }  
    ///  
    /// For more information about composing views and a view hierarchy,  
    /// see <doc:Declaring-a-Custom-View>.  
    @ViewBuilder var body: Self.Body { get }  
}
```

Generické programování

Základem generického programování je **kopírování zdrojáku v okamžiku překladu.**

Generický typ (šablona/template): jako MAKRO.

- preprocessor překladu, generování variant
- (až na pár okamžiků, kde jsou virtuální funkce...)

Generické programování

Projdeme si to po částech:

- template globální funkce
- template struct/class/enum
- template instanční metody (včetně extensions)
- šablonovité **protokoly** (associated types)

C-makro (jako demo...)

```
#define F(Type) void Funct(X arg) { ... }  
  
// Instancuj pro Type=int, double, ...  
F(int)  
F(double)  
//
```

Princip generických prog. jazyků je v automatizovaném generování instancí (klonů.)

- zjišťuje se průběžně při překladu
- identifikátory, přemapování

```
F(1) // pro int  
F(3.0) // pro double
```

Vytvoření šablony

- Kus kódu (funkce, struct, ...) kde je **typový parametr**.
- Typově parametrizovaný kód.
- Syntaxe `< Param1, Param2, ... >`

Symbols:

- `self` - je reference na sebe.
- `Self` - vyjádření **typu** sebe (třídy, ...)
- `Self.self` - je reference na objekt představující třídu sebe.
- `Param.Type` - vyjádření typu parametru.

Typové symboly

- `Int.self` - vyjadřuju typ `Int` datově
- `Record.self`
- `[Record].self`

Syntaxe:

- když překladač vidí identifikátor (např. `Record` , pak čeká konstrukci hodnoty `Record(...)`)
- když chci předat typ jako hodnotu, pak

```
volaniFunkce(vytvor: Record.self)  
// nelze...Record()  
volaniFunkce(vytvor: Record)
```

Template funkce (globální)

```
// pozor: toto Swift odmítne...  
func plus<X>(a: X, b: X) -> X {  
    //  
    return a + b  
}
```

- `X` je typový parametr.
- `plus<X>` je deklarace šablonové funkce s `X`.
- `a: X` - deklaruji argument `a`, který má nabývat hodnoty `X`.

C++ překladač toto akceptuje (instancuje až na požádání).

Swift chce typovou kontrolu **už na úrovni šablony**.

- neznáme rozsah `X`, není garance `+` obecně.

Template funkce (globální)

Upřesnění typu `X`:

```
//  
func plus<X:Numeric>(a: X, b: X) -> X {  
    //  
    return a + b  
}
```

```
func plus<X>(a: X, b: X) -> X where X:Numeric {  
    //  
    return a + b  
}
```

Teď překladač Swiftu typově zkontroluje, že lze šablonu kdykoli instancovat.

Typový constraint

`X:Interface`

- `X` implementuje rozhraní `Interface`, tedy:
- `Interface` je protokol, pak...
- `Interface` je třída

`X==Interface`

- `X` je totožné s `Interface`

Logické spojky: `X:Protocol && X:JinyProtokol`

Strukturovanost: `X.Element==Cosi && ...`

Demo "plus"

```
//  
func plus<X:Numeric>(a: X, b: X) -> X {  
    //  
    return a + b  
}  
  
// ok  
let _ = plus(1,2)  
let _ = plus(1.0,2.0)  
// ne-ok  
let _ = plus(1, 2.0)
```

Typové symboly v šablonách

```
func dekoduj<T:Codable>(type: T.Type,  
                        from: String) -> T {  
    //  
}
```

- `<T:Codable>` - podmínka na parametr `T`
- `type: T.Type` - je datový typ `T`
- `type: T` - je hodnota typu `T`
- `-> T` - je hodnota typu `T`

```
let a = dekoduj(type: Record.self, from: "...")
```

Typová inference. Většinou zabere. Jinak specifikovat typ "ručně".

```
let a: Record = dekoduj(type: Record.self, from: ...)
```


Příklady

```
func A<X>(a: X) { ... }  
func B<X>(b: [X], arg: (X)->(X)) { ... }
```

Vytvoření hodnoty: potřebujeme konstruktor.

```
protocol Construable { init() }  
  
//  
func zeros<X:Construable>(m: Int) -> [X] {  
    //  
    var _out = [X]()  
  
    //  
    for _ in 0...m { _out.append( X() ) }  
  
    //  
    return _out  
}
```

Template struct/class

```
struct Stack<Element> {  
    //  
    var list = [Element]()  
    //  
    mutating func push(_ invalue: Element) { ... }  
}
```

Užití (typová inference)

```
var stack = Stack<Int>()  
var stack2 = Stack<Record>()  
//  
stack.push(3)
```

Template struct/class

```
struct Stack<Element> {  
    // ...  
    init(_ type: Element) {}  
}  
// typova inference, jde to...  
var stack = Stack(3)
```

```
struct Stack<Element> {  
    // ...  
    init(_ type: Element.Type) {}  
}  
  
// typova inference, jde to...  
var stack = Stack(Int.self)
```

Template struct/class

```
func CR<T>(_ type: T.Type) -> Stack<T> {  
    //  
    return Stack<T>()  
}  
  
// typova inference, jde to...  
var stack = CR(Int.self)
```

Šablonové prvky Swift Standard Lib

- kolekce, `Element`
- kódování, protokoly `Encodable`, `Decodable`, `Codable`
- `keyPath` - větší povídání ...

Combine, typické (`async` volání, `Future`):

```
enum Result<Success, Failure> where Failure : Error {
    case success(Success)
    // zjednodušeně
    case error(Failure)
}
```

Šablonové metody strukt. typů

```
class Logging {  
    //  
    func log<X:CustomStringConvertible>(_ value: X) {  
        // zapiš do logu  
        print(value.description)  
    }  
}  
  
//  
let l = Logging()  
  
//  
l.log(1234)  
l.log("hello")
```

Generické protokoly

Associated Type

- Protokol nemůže být přímo šablonový.
- Ale může mít šablonové metody.

```
protocol Kontejner {  
    // potenciálně různé mínění T, že...  
    func add<T>(v: T)  
    func remove<T>(v: T)  
}  
  
protocol AssocKontejner {  
    // jednotné T. Deklarace.  
    associatedtype T  
    //  
    func add(v: T)  
    func remove(v: T)  
}
```


Associated Type

```
//  
protocol Iterable {  
    // typovy parametr  
    associatedtype Element  
  
    //  
    mutating func next() -> Element?  
}
```

Demo

```
//  
struct ArrayIterator<ArrayElement> : Iterable {  
    // mapovani typovych parametru explicitne  
    typealias Element = ArrayElement  
    //  
    let on: [ArrayElement]  
    //  
    mutating func next() -> Element? { ... }  
}
```

Mapování typových parametrů implicitně:

```
//  
struct ArrayIterator<Element> : Iterable {  
    // ...  
    mutating func next() -> Element? { ... }  
}
```

Associated Type

- `associatedtype` je typový parametr protokolu
- implementátor ho musí specifikovat (`typealias` , šablonový typ)
- na `associatedtype` můžeme klást požadavky (type constraints) a tvořit abstraktní chování protokolu

Protokol mající `associatedtype` je tzv. **nekompletní protokol**, tj není přímo datovým typem.

- tj, nelze předat hodnotu typu nekompletní protokol (např. `Iterable`)
- lze předat hodnotu typu `some Iterable`

Kompletní/nekompletní protokol

```
// protokol je skořápka chování
protocol Person {
    //
    var name: String { get }
}

// abstraktní chování nad kompletním protokolem
func sayHello(to: [Person]) {
    //
    to.forEach { p in print("Hello \(p.name)") }
}

//
extension Array where Element: Person {
    //
    func sayHello() {
        for i in self { print("hello \(i.name)") }
    }
}
```

Case study: micro-rozvrhovač

Problém:

- mám výrobní operace (id, duration)
- mám výrobní zařízení (...)
- rozvrhnutí operace -> rozvrh operace (data)
- rozvrh všech operací = rozvrh úlohy

Abstraktně v POP.

Výchozí protokoly

```
// Abstraktní typ rozvrhnutelná operace
protocol SchJob: Identifiable {
    // je Identifiable a určena svou délkou

    var duration: Int { get }
}
```

Výchozí protokoly - chybně

SchJob je nekompletní typ (díky Identifiable).

```
// rozvrh jedne operace
protocol SchRecord {
    // SchJob je pouze constraint, není to
    // finální/konstruovatelný datový typ!
    var job: SchJob { get }
    var start: Date { get }

    // konstruktor
    init(job: SchJob, start: Date)
}
```

Identifiable

```
public protocol Identifiable {  
  
    /// A type representing the stable  
    /// identity of the entity associated with  
    /// an instance.  
    associatedtype ID : Hashable  
  
    /// The stable identity of the entity  
    /// associated with this instance.  
    var id: Self.ID { get }  
}
```


Výchozí protokoly

```
// rozvrh jedne operace
protocol SchRecord {
    // definice typu operace, odpovida protokolu
    associatedtype JobType: SchJob

    // vyzadovana data
    var jobID: JobType.ID { get }
    var start: Date { get }

    // konstruktor
    init(job: JobType, start: Date)
}
```

Výchozí protokoly

```
// kompletní rozvrh ulohy – abstraktne
protocol Schedule {
  // zavádím typy: operace, zdroj, položka rozvrhu
  associatedtype Job: SchJob

  // je takový typ, že je SchRecord,
  // a současně JEHO pojetí JobType
  // je moje pojetí Job
  associatedtype JobSchedule: SchRecord
    where JobSchedule.JobType == Job

  // datový typ celého rozvrhu
  var schedule: [Job.ID : JobSchedule] { get set }
}
```

Abstraktní funkcionálita I.

```
//  
extension Schedule {  
    //  
    mutating func add(jsched: JobSchedule,  
                      toJob: Job)  
    {  
        //  
        schedule[toJob.id] = jsched  
    }  
  
    //  
    func compute(forjob: Job) -> JobSchedule {  
        //  
        return JobSchedule(job: forjob, start: Date())  
    }  
}
```

Abstraktní funkcionalita II.

```
extension Schedule {  
    //  
    mutating func compute(task: [Job]) {  
        //  
        for j in task {  
            // vypocti  
            let _sched = compute(forjob: j)  
  
            // uloz  
            add(jsched: _sched, toJob: j)  
        }  
    }  
}
```

Mám tedy abstraktně vyjádřeno rozhraní a základní funkcionalitu.

Implementace I.

```
//  
struct MyJob: SchJob, Identifiable {  
    //  
    let id = UUID()  
    let duration: Int  
}  
  
//  
let task = [MyJob(duration: 10), ...]
```

Implementace II.

```
struct MyJobSched: SchRecord {  
    //  
    typealias JobType = MyJob  
  
    let jobID: UUID  
    let start: Date  
  
    //  
    init(job: MyJob, start: Date) {  
        self.jobID = job.id  
        self.start = start  
    }  
}
```

Implementace II.

```
//  
class MySchedule: Schedule {  
    // specifikace  
    typealias Job = MyJob  
    typealias JobSchedule = MyJobSched  
  
    //  
    var schedule: [Job.ID : JobSchedule] = [:]  
}  
  
//  
let task = [MyJob(duration: 10), ...]  
let sch = MySchedule()  
  
//  
sch.compute(task: task)
```

Závěr

- Protokoly + šablonové protokoly.
- Extensions.
- Protocol Oriented Programming.

Dnes jsme zanedbali konstrukci `some Protocol`, ale tu si necháme do úvodu SwiftUI (příště).