

# Pokročilé funkce a zařízení pro self-management diabetu

Jan Mužík

[muzikj@gmail.com](mailto:muzikj@gmail.com)

Společné pracoviště biomedicínského inženýrství  
FBMI ČVUT a  
1. LF UK

Moderní technologie v diabetologii  
Zimní semestr 2020/21

# Obsah přednášky

- Automatizované řízení inzulínové pumpy
- Otevřená vs uzavřená smyčka
- Algoritmy řízení uzavřené smyčky
- PID regulátor
- Control-IQ u pumpy Tandem T:slim X2
- V praktické části: SAT režimy u pump Medtronic a další uzavřené smyčky

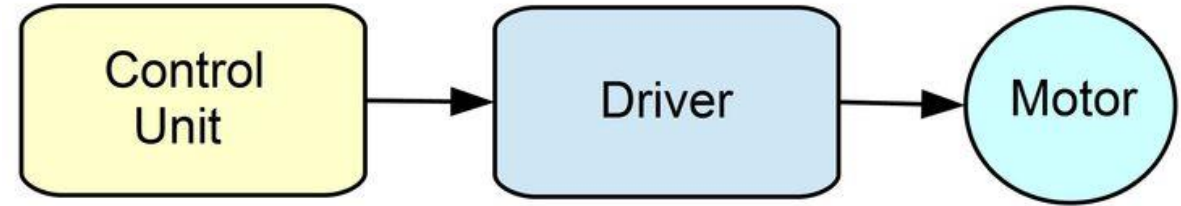
# Automatizované řízení inzulinové pumpy

- Uzavřené smyčky
  - Experimentální
    - DIY, pumpa umožňuje externí řízení dávkování, blok 5
  - Vestavěné v novějších inzulinových pumpách
    - SAT – sensor augmented therapy, úprava bazálního dávkování
    - Control-IQ: korekční zásahy, Tandem T:slim X2 + Dexcom G6
- Úroveň smyček
  - Hybridní uzavřená smyčka
    - Vyžaduje manuální zásahy uživatele
    - Např. automatizované řízení pouze bazální dávky, uživatel zadává bolusy
  - (Plná) uzavřená smyčka
    - Pacient nastaví požadovanou glykémii a o zbytek se nestará
    - Zatím v praxi nedostupné
- Zásadním problémem je velké zpoždění mezi aplikací inzulinu a naměřením změny glykémie
  - Zpoždění působení inzulinu aplikovaného do podkoží
  - Zpoždění senzoru, který měří glykémii z podkoží

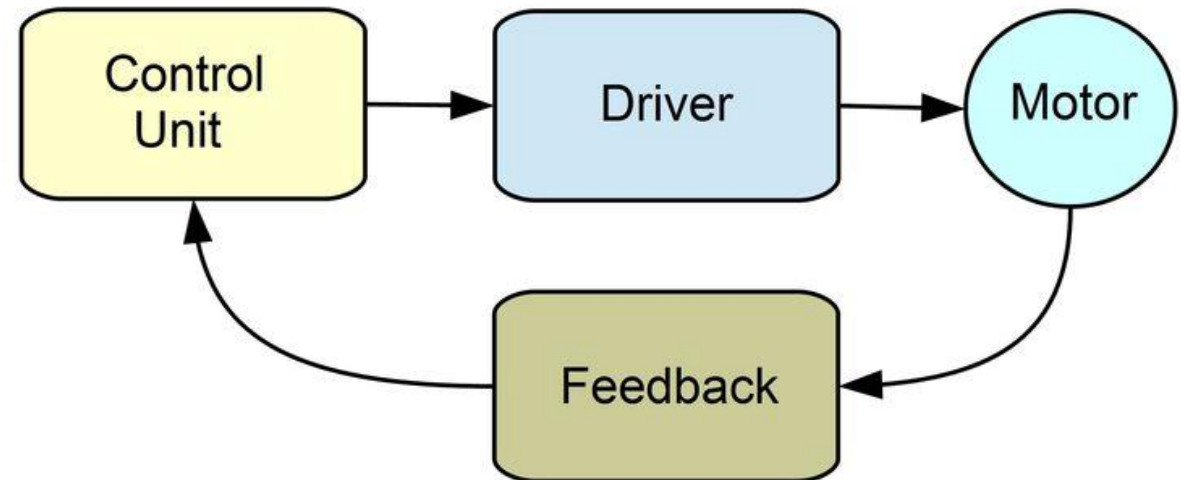
# Teorie řízení – otevřená a uzavřená smyčka

- Otevřená smyčka udržuje na akčním členu nastavenou hodnotu
- Uzavřená smyčka přidává zpětnou vazbu
- Příklad: řízení rychlosti auta. plynový pedál vs. tempomat
- Otevřená smyčka
  - Klasická inzulinová pumpa
  - Dodává nastavené dávkování
- Uzavřená smyčka
  - Měření aktuální hodnoty veličiny
  - Řízení probíhá na základě minimalizace rozdílu požadované a aktuální hodnoty
- Řízení veličina: průtok inzulinu vs. glykémie

## Open Loop Control System



## Closed Loop Control System

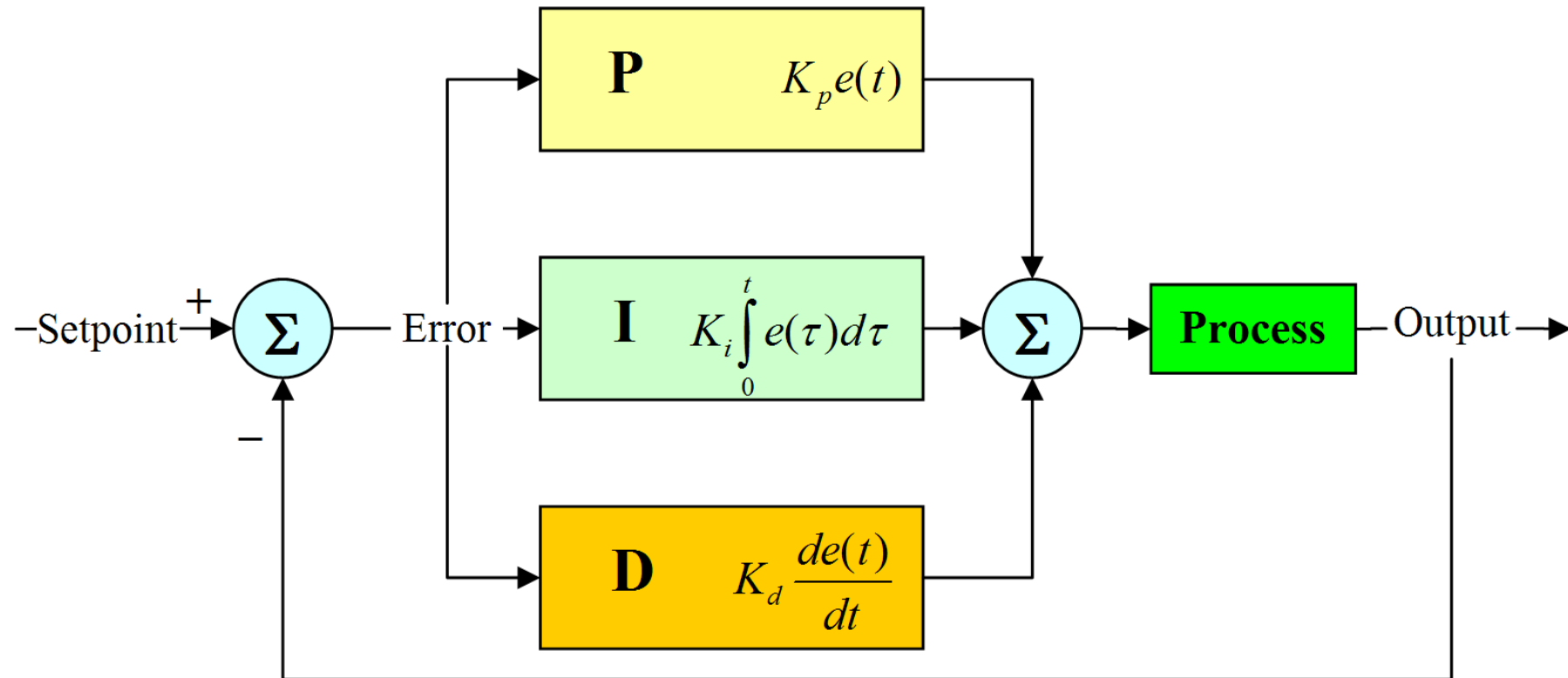


# Algoritmy Closed Loop

- PID – proporcionalně integračně derivační řízení
  - Jednoduchý algoritmus
  - Výstup závisí na rozdílu výstupu systému (CGM) a žádané hodnoty
- MPC – model predictive control
  - Složitější algoritmus, předpovídá budoucí glykémii (5-15min)
  - Optimální dávka insulínu odhadována na základě matematického modelu (soustava dif. rovnic)
- Fuzzy logika
  - Rozhodovací stromy se zahrnutím neurčitosti

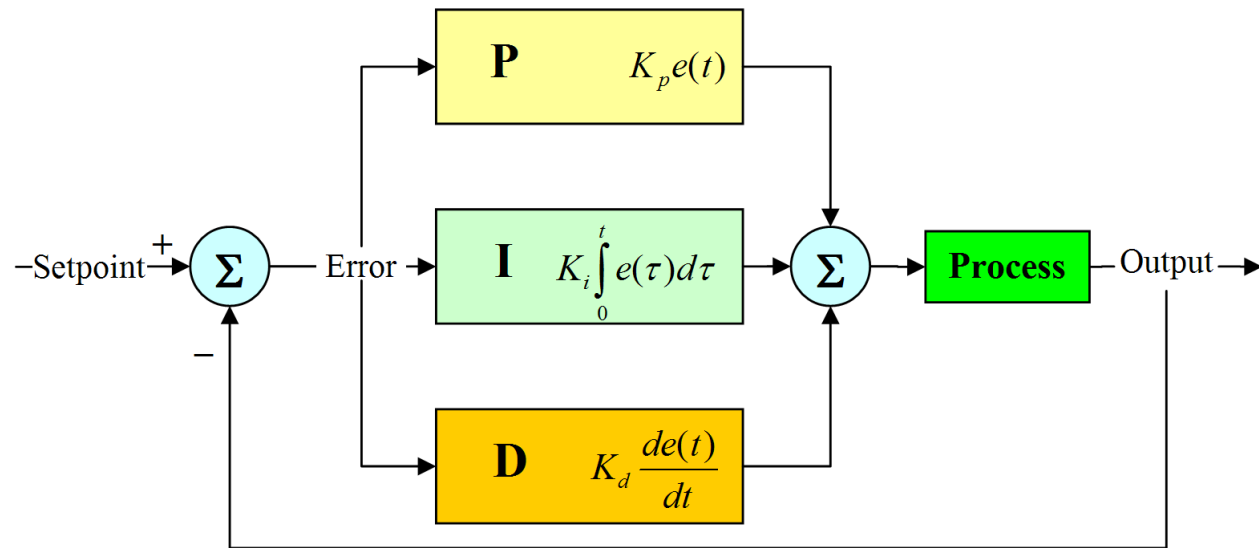
# PID regulátor

- Proporcionálně-integračně-derivační
- Nejpoužívanější zpětnovazební regulátor

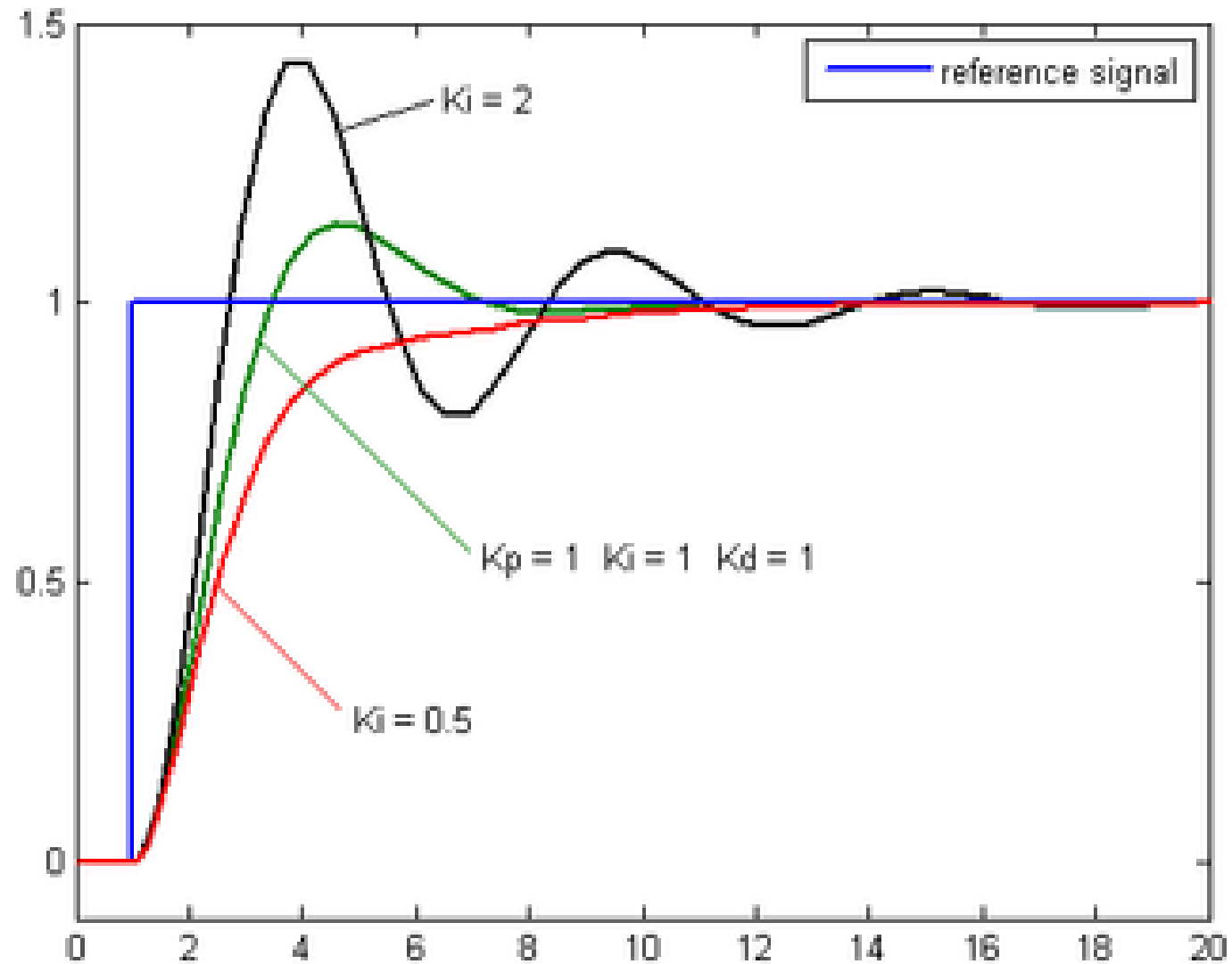


# PID regulátor

- Akční člen (píst pumpy) je řízen váženým součtem:
- Proporcionální složka
  - aktuální rozdíl mezi změřenou a požadovanou glykemií)
- Integrovační složka
  - Dlouhodobá suma rozdílů (rozdíl profilů) z minulosti – plocha mezi křivkami změřené a požadované glykémie
- Derivační složka
  - Zvětšuje nebo zmenšuje se rozdíl mezi změřenou a požadovanou glykemií



# Rychlost regulace vs. stabilita regulace







# Děkuji za pozornost!

Jan Mužík

[muzikj@gmail.com](mailto:muzikj@gmail.com)

Společné pracoviště biomedicínského inženýrství  
FBMI ČVUT a  
1. LF UK

Moderní technologie v diabetologii  
Zimní semestr 2020/21