

# EXPOZICE ELEKTROMAGNETICKÝM POLÍM V OKOLÍ VYSÍLAČŮ NOVÝCH TECHNOLOGIÍ



Pavel Buchar

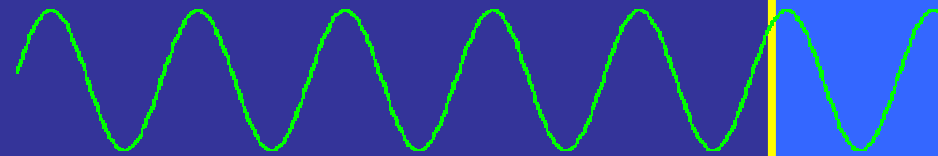
[elmag@szu.cz](mailto:elmag@szu.cz)

- Analogové x digitální modulace
- Definice EIRP
- WI-FI
- WIMAX
- BLUETOOTH
- RFID
- UWB

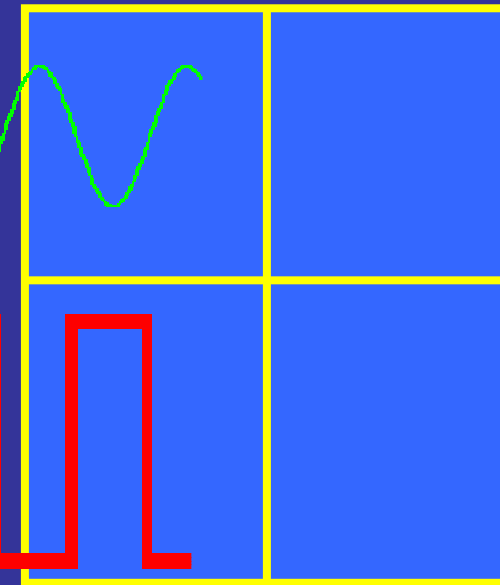
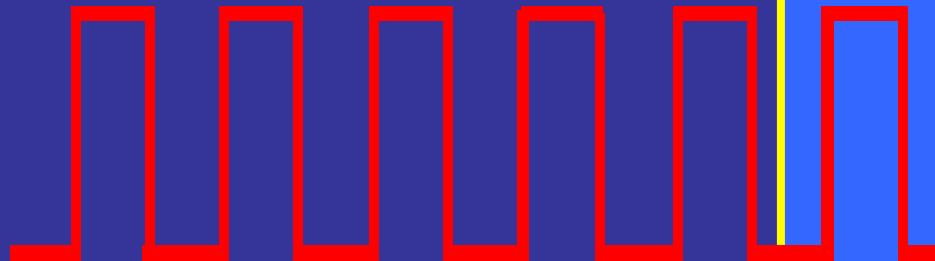
# ANALOGOVÉ x DIGITÁLNÍ MODULACE

V médiích

analogová:



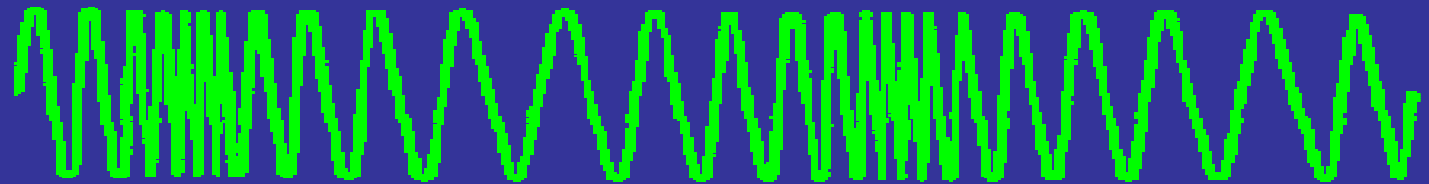
digitální:



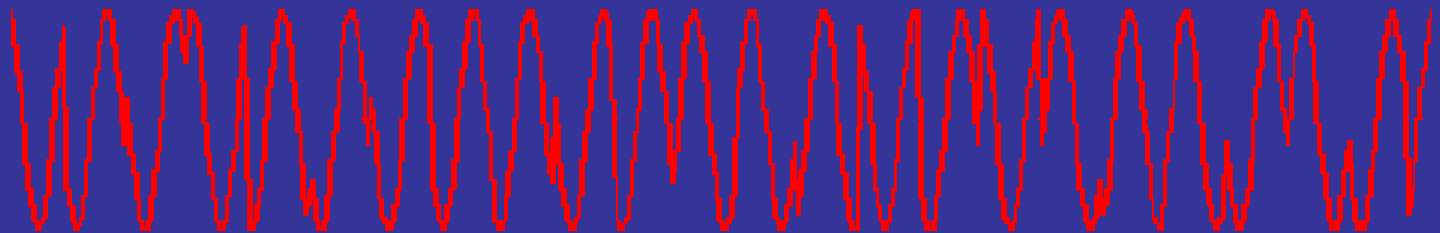
# ANALOGOVÉ x DIGITÁLNÍ MODULACE

Ve skutečnosti

analogová:



digitální:



# EIRP

## Equivalent Isotropically Radiated Power Ekvivalentní izotropně vyzářený výkon

$$EIRP = P G \quad (P - \text{výkon přiváděný na anténu, } G - \text{zisk antény})$$

Výkon přivedený na svorky izotropního zářiče, abychom získali ve směru maxima vyzáření hodnocené antény stejnou hustotu zářivého toku.

Veličina kombinující vysílací výkon a zisk antény – parametry, které potřebujeme pro výpočet.

Výhoda – máme potřebné údaje v jedné veličině (a nemusíme se zabývat konkrétní kombinací  $P$  a  $G$  operátora)

$$S = P G / (4\pi r^2) = EIRP / (4\pi r^2) \quad (r - \text{vzdálenost})$$



# WI-FI

## Wireless Fidelity

Vzájemné bezdrátové propojení zařízení

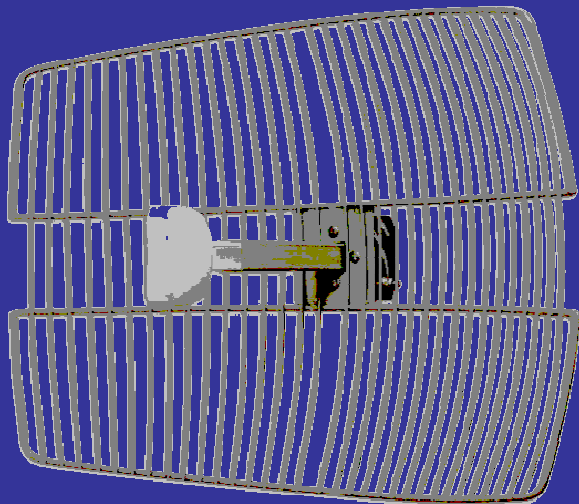
Pásmo: 2,4 GHz a 5,4 GHz

Modulace: DQPSK, QAM, OFDM, DSSS

Maximální *EIRP*:

100 mW (2,4 GHz), 1 W (5,4 GHz)

Princip rozprostřeného spektra znám již od roku 1942, Wi-Fi standard definován 1997



# WI-FI

## Ukázkový přibližný výpočet

- 2,4 GHz

max.  $EIRP = 100 \text{ mW} \dots S = EIRP / (4\pi r^2)$

referenční hodnota  $S = 10 \text{ W/m}^2$  splněna od vzdálenosti 3 cm

(výpočet značně nadhodnocen – použít vzorec pro vzdálené pole)

- 5,4 GHz

max.  $EIRP = 1 \text{ W} \dots S = EIRP / (4\pi r^2)$

referenční hodnota  $S = 10 \text{ W/m}^2$  splněna od vzdálenosti 9 cm

(výpočet značně nadhodnocen – použít vzorec pro vzdálené pole)

# WIMAX

## Worldwide Interoperability for Microwave Access

Bezdrátové spojení na delší vzdálenosti a o vyšší kvalitě než Wi-Fi (50 km, 75 Mbps)

Nevyžaduje přímou viditelnost

Pásmo: 3,5 GHz (ČR) – licencované pásmo!

Modulace: OFDM

Standard (802.16) vydán 1998, stále ve vývoji





# WIMAX

## Ukázkový přibližný výpočet

- základnová stanice

max. (v literatuře nalezený)  $EIRP = 61$  dBm

$$S = EIRP / (4\pi r^2)$$

referenční hodnota  $S = 10$  W/m<sup>2</sup> splněna od vzdálenosti 3,2 m

(výpočet značně nadhodnocen – použít vzorec pro vzdálené pole)

- mobilní stanice (PCMCIA karta)

typický max. vysílaný výkon: 24 dBm, zisk antény: 0 dB =>  $EIRP = 24$  dBm

$$S = EIRP / (4\pi r^2)$$

referenční hodnota  $S = 10$  W/m<sup>2</sup> splněna od vzdálenosti 4 cm

(výpočet značně nadhodnocen – použít vzorec pro vzdálené pole)

# BLUETOOTH

Harald Blåtand (Bluetooth) (935-985) – dánský král



[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Standard Bluetooth (IEEE 802.15.1) definován 2002

Pásmo: 2,4 GHz

Modulace: GFSK

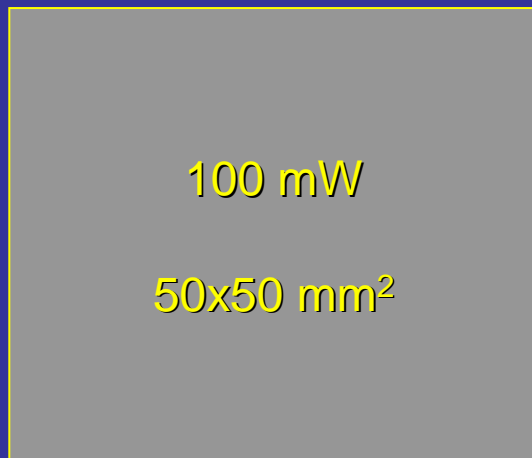
Maximální výstupní výkon: 100 mW

Dosah do 100 m



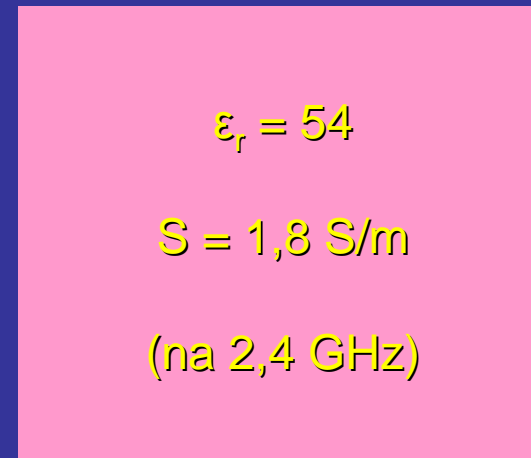
# BLUETOOTH

## Odhad měrného absorbovaného výkonu



Nejvyšší možný výkon

Mikropásková anténa  
50x50 mm<sup>2</sup>



Lidská tkáň

# BLUETOOTH

## Odhad celotělového měrného absorbovaného výkonu

$$SAR = 100 \text{ mW} / 75 \text{ kg} = 0,0013 \text{ W/kg}$$

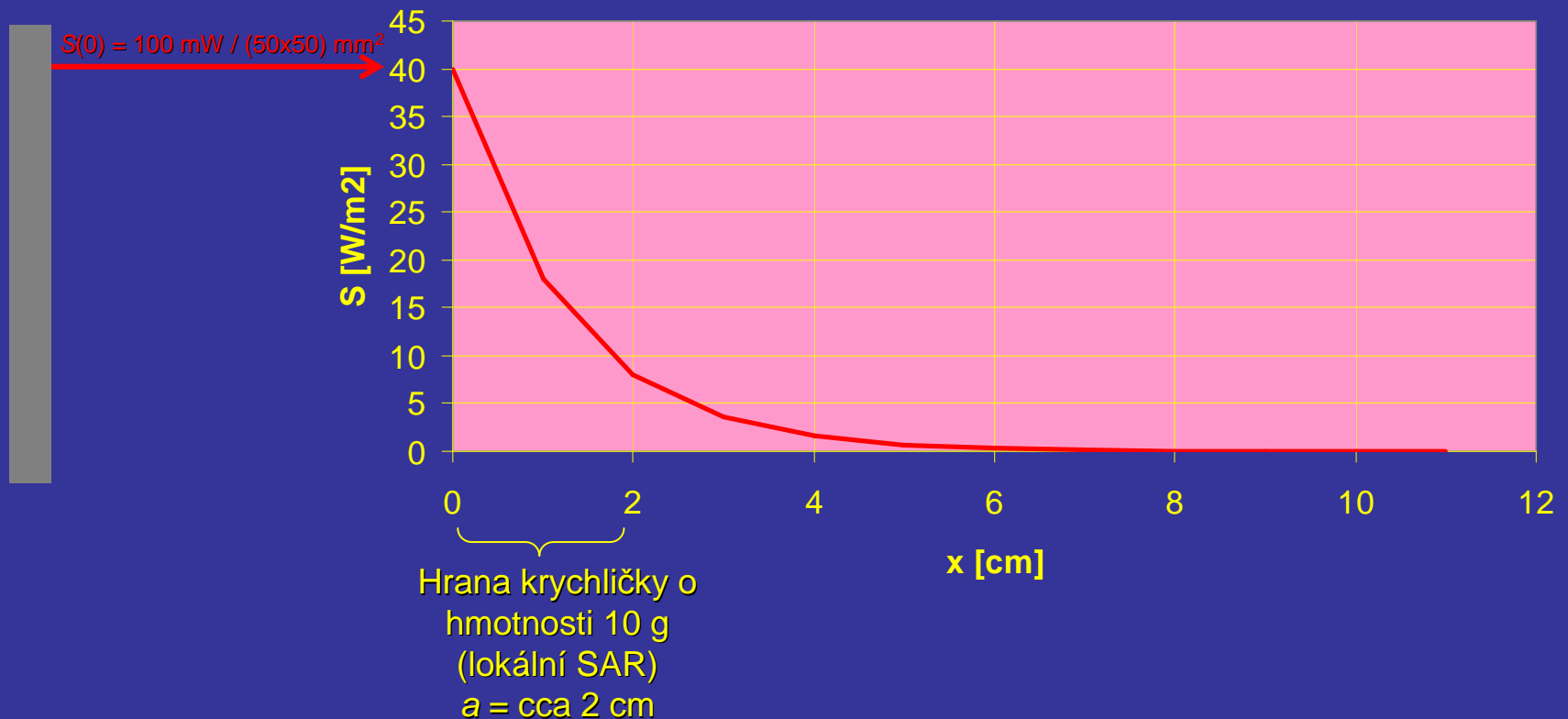
Nejvyšší přípustná hodnota: 0,08 W/kg

Výpočet značně nadhodnocen:

- Nulový odraz od kůže (veškerý výkon pohlcen)
- Kontinuální expozice bez časových prodlev
- Maximální vysílaný výkon

# BLUETOOTH

## Odhad lokálního měrného absorbovaného výkonu



$$SAR = \frac{(S(0) - S(a))a^2}{0,01} = 1,5 \text{ W/kg}$$

Nejvyšší přípustná hodnota: 2 W/kg

Výpočet značně nadhodnocen:

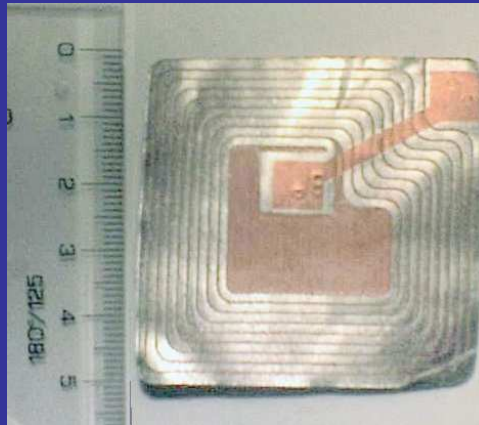
- Nulový odraz od kůže (veškerý výkon pohlcen)
- Kontinuální expozice bez časových prodlev
- Maximální vysílaný výkon

# RFID

## Radio Frequency Identification

Výzkum již od roku 1940

Vysílač posílá pulzy do okolí, přijímač (čip s anténou) využije pulz k nabití a odpoví



[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Každý čip má unikátní 96-bitové číslo –  $7,9^{28}$  kombinací

# RFID

## Frekvenční pásma

- 125 kHz, 134 kHz

induktivní vazba magnetickým polem pomocí cívky  
max.  $H = 72 \text{ dB}\mu\text{A/m}$   
dosah do 0,5 m  
např. kontrola přístupu, identifikace zvířat

- 13,56 MHz

induktivní vazba magnetickým polem pomocí cívky  
max.  $H = 60 \text{ dB}\mu\text{A/m}$   
dosah do 1 m  
např. chytré karty (např. IN-karta ČD)

- 868 MHz

přenos elektromagnetickou vlnou pomocí antény  
max.  $EIRP = 3,8 \text{ W}$   
dosah do 3 m  
např. sledování palet

# RFID

## Ukázkový přibližný výpočet

- 134 kHz

max.  $H = 72 \text{ dB}\mu\text{A/m} \dots B = 5 \cdot 10^{-9} \text{ T}$   
referenční hodnota:  $6,9 \cdot 10^{-6} \text{ T}$

- 13,56 MHz

max.  $H = 60 \text{ dB}\mu\text{A/m} \dots B = 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ T}$   
referenční hodnota:  $2 \cdot 10^{-7} \text{ T}$

- 868 MHz

max.  $EIRP = 3,8 \text{ W} \dots S = EIRP / (4\pi r^2)$

referenční hodnota  $S = 4,34 \text{ W/m}^2$  splněna od vzdálenosti 26 cm

(výpočet značně nadhodnocen – použít vzorec pro vzdálené pole)



# UWB

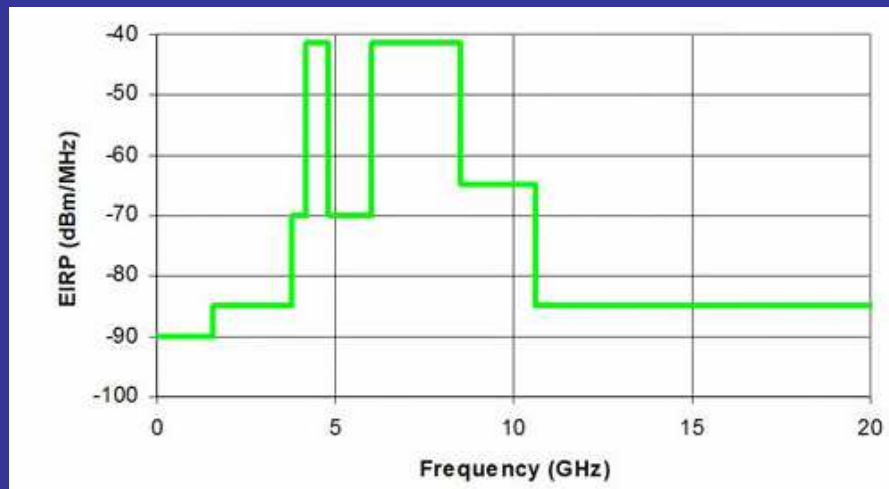
## Ultra Wide Band

Výzkum od 60. let 20. století

Přenáší informaci pomocí pulzů se širokým spektrem

Využití v komunikaci mezi periferiemi PC (WUSB, Bluetooth 3.0)

Pásmo: 3,1 – 10,6 GHz, ale v Evropě omezeno:



Modulace: QPSK

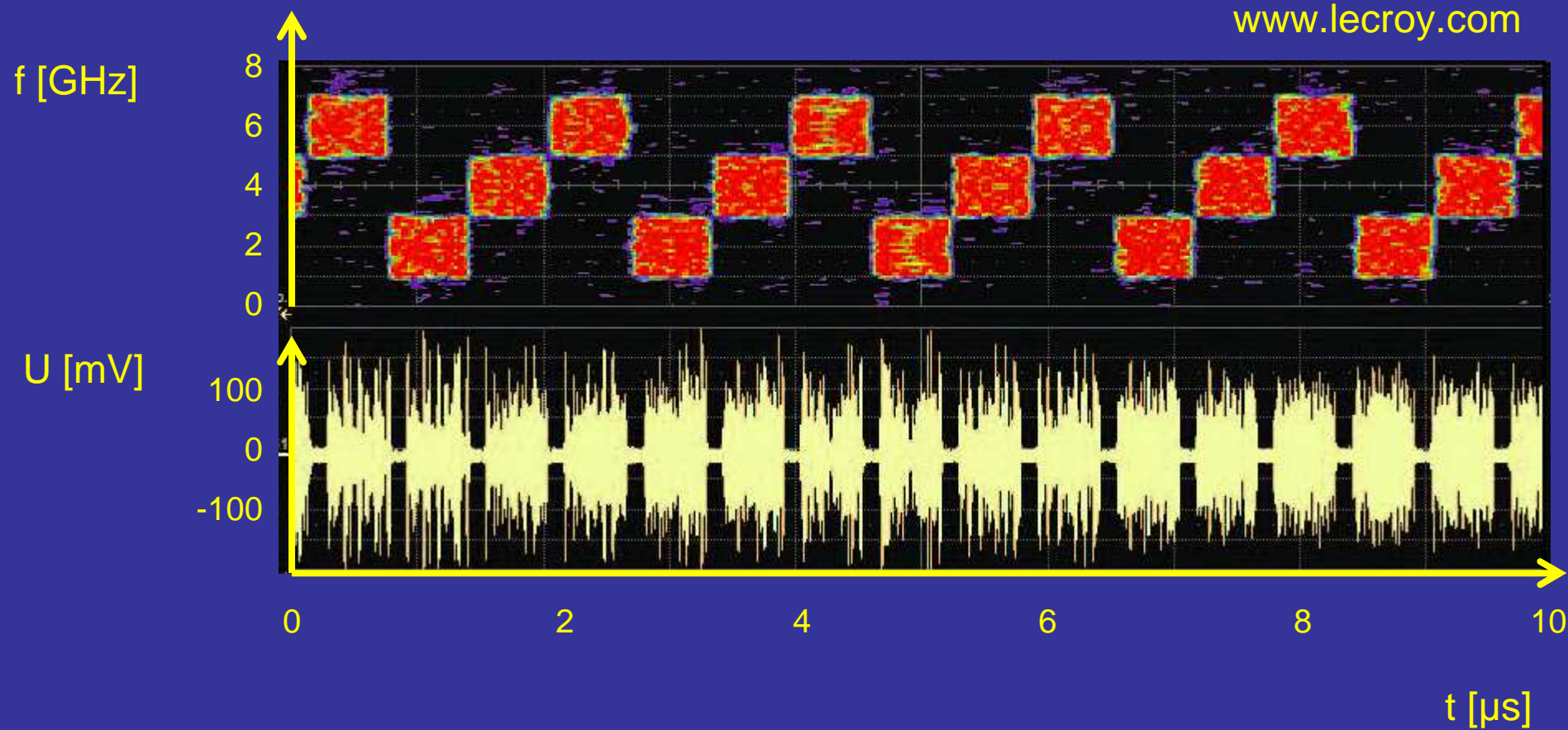
Maximální možná hodnota průměrného *EIRP*:  $-41,3 \text{ dBm/MHz} * 7.5 \text{ GHz} = 0,562 \text{ mW}$

Maximální možná hodnota špičkového *EIRP*:  $0 \text{ dBm} / 50 \text{ MHz} * 7.5 \text{ GHz} = 0,15 \text{ W}$

# UWB

Ukázka naměřeného časového průběhu a spektra

[www.lecroy.com](http://www.lecroy.com)



# UWB

## Ukázkový přibližný výpočet

průměrný  $EIRP = 0,562 \text{ mW}$

$$S = EIRP / (4\pi r^2)$$

referenční hodnota:  $S = 10 \text{ W/m}^2$  splněna ve vzdálenosti 2 mm

špičkový  $S = 0,15 \text{ W}$

$$S = EIRP / (4\pi r^2)$$

Mezní referenční hodnota:  $S = 10000 \text{ W/m}^2$  splněna ve vzdálenosti 1 mm

(výpočet značně nadhodnocen – použít vzorec pro vzdálené pole)

# ZÁVĚR

- Uvedené technologie způsobují vždy podlimitní expozici, a to i v těsné blízkosti antén – s výjimkou základnových stanic WIMAX (nutno hodnotit individuálně)
- Konkrétní modulace není rozhodujícím parametrem (důležitý je vysílaný výkon, zisk antény, případně *EIRP*, a frekvenční pásmo)

DĚKUJI ZA POZORNOST