

Generator izmenične napetosti za elektroformacijo orjaških fosfolipidnih veziklov

Marin Gazvoda de Reggi, Urban Malavašič, Marko Jeran,
Samo Penič

Laboratorij za fiziko, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

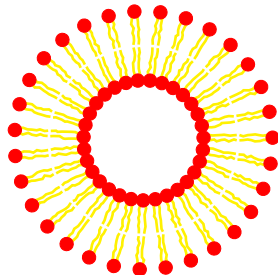
20. september 2021

Celična membrana

Tanka plast, sestavljena primarno iz dvojne plasti molekul fosfolipidov, skozi katero prehajajo snovi v celico in iz nje.

Preučevanje celične membrane

- ▶ Delovanje pogojeno s številnimi celičnimi mehanizmi in zapleteno biološko zgradbo.
- ▶ Uporaba poenostavljenih modelov celic.
- ▶ Liposomi ali orjaški fosfolipidni vezikli.



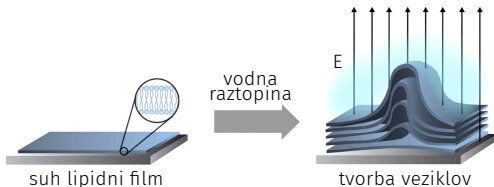
Slika: Shematski prikaz fosfolipidnega vezikla.

Elektroformacija

- ▶ Najpogosteje uporabljen postopek priprave veziklov.
- ▶ Hiter ($\approx 1-3$ ure) in učinkovit.

Protokol

1. Nanos lipidne raztopine na platinasti elektrodi.
2. Izhlapljanje topila, tvorjenje lipidnega filma na elektrodah.
3. Prenos elektrod v vodno raztopino sladkorja ali soli.
4. Izmenično električno polje med elektrodama spodbudi in pospeši proces tvorjenja lipidnih veziklov.



Namen

- ▶ Kot vir izmenične napetosti sinusne oblike se najpogosteje uporablja signalni generator.
- ▶ Elektroformiranje poteka v šibkem E ($< 100 \frac{\text{V}}{\text{m}}$).
- ▶ Izdelava prototipa preprostejše, cenejše, manjše in bolj prilagojene naprave.

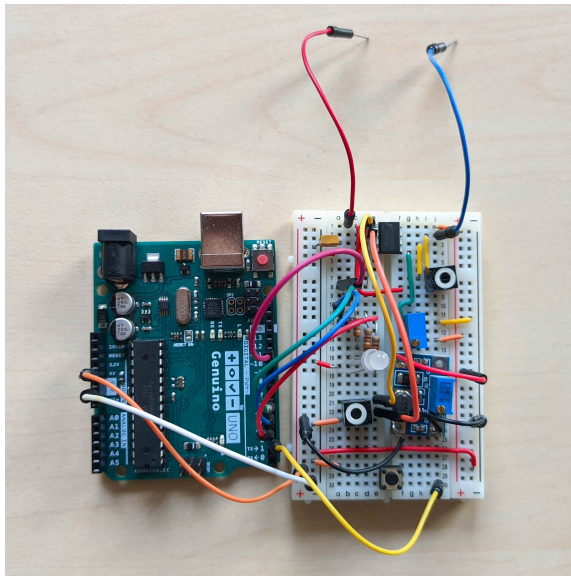
Tabela: Tipični parametri napetostnega vira.

Časovni interval [min]	Napetost [V _{pp}]	Frekvenca [Hz]
120	10,0	5,0
15	5,0	2,5
15	2,5	2,5
15	1,0	1,0

Prototip generatorja izmenične napetosti

- ▶ Odprtokodni mikrokrmiliški sistem Arduino, sinusna napetost generirana s filtriranim signalom PWM.
- ▶ Celoten protokol je zapisan v pomnilniku in ga sprožimo s pritiskom na gumb.
- ▶ Možnost spreminjanja protokola z aplikacijo na računalniku.
- ▶ Preprost za uporabo, majhen in prenosljiv ter se v celoti napaja prek vodila USB.
- ▶ Uporabljene lahko dobavljive in cenovno ugodne elektronske komponente.
- ▶ Vezje in programska koda dostopna pod odprtokodno licenco MIT na <https://github.com/umalavasic/electroformation>.

Prototip generatorja izmenične napetosti

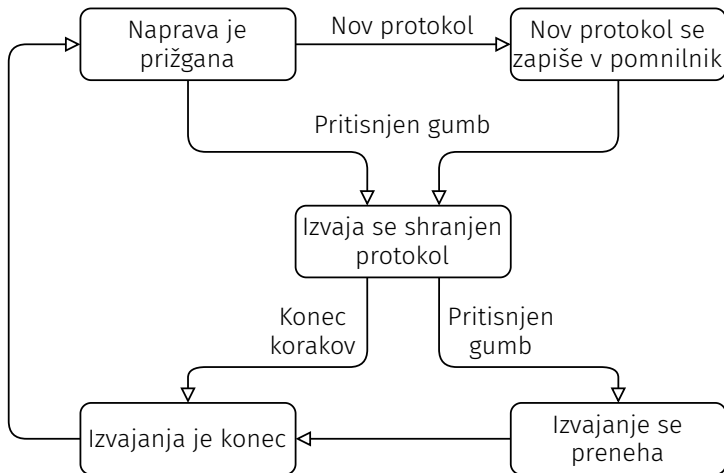


Prototip generatorja izmenične napetosti

Tabela: Specifikacije generatorja izmenične napetosti.

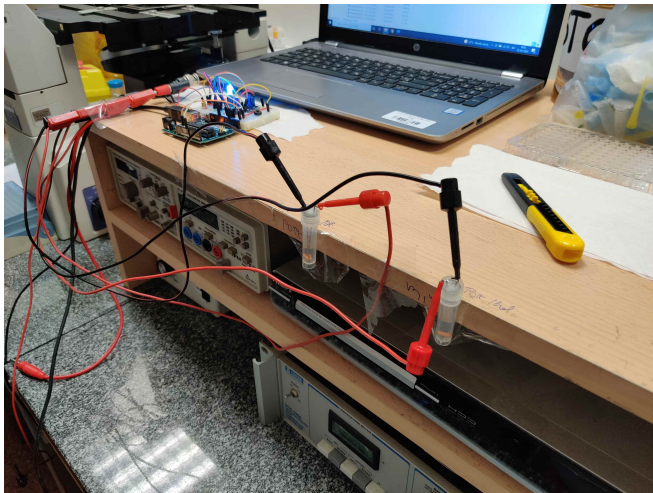
Izhodni parameter	Največja dopustna vrednost
frekvenca	150 Hz
amplituda napetosti	5 V
tokovna zmogljivost	40 mA

Potek izvajanja programske kode



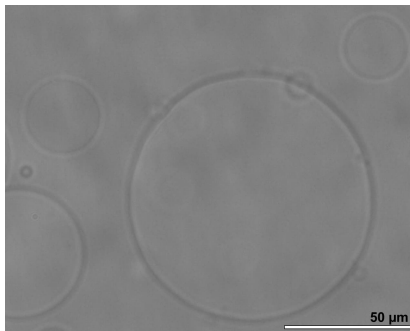
- ▶ Vir napetosti smo uporabili za elektroformacijo veziklov iz sintetičnega lipida POPC (1-palmitoil-2-oleoil-*sn*-glicero-3-fosfoholina) in nato še iz njegove mešanice s holesterolom.
- ▶ Količini nastalih veziklov v obeh primerih formacije sta bili primerljivi s količinama, pridobljenima z uporabo komercialnega funkcijskega generatorja.
- ▶ Postopek elektroformacije ne zahteva natančne sinusne oblike signala, zato je konstrukcija z uporabo modulacije PWM zadovoljiva.

Rezultati

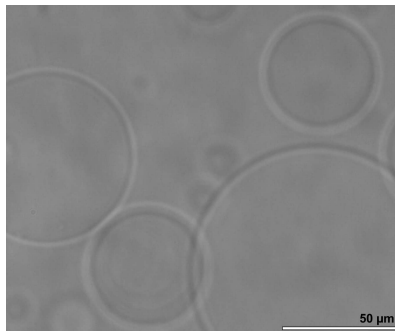


Slika: Uporaba generatorja za elektroformacijo orjaških fosfolipidnih veziklov.

Rezultati



(a)



(b)

Slika: Posnetek orjaških fosfolipidnih veziklov pri 100-kratni povečavi. Na slikah so membrane s fosfolipidi POPC brez (a) in z dodanim holesterolom v razmerju 1:4 (b).

Zaključek

- ▶ Mobilna in cenovno ugodna rešitev za elektroformacijo orjaških fosfolipidnih veziklov.
- ▶ Popolna avtomatizacija postopka elektroformacije in enostavna uporaba.
- ▶ Možnost implementacije komuniciranja z računalnikom in obveščanja prek internetne povezave o stanju izvajanja protokola.

Hvala za pozornost

Vprašanja?