

## PROIECT TRANDISCIPLINAR: MODULAREA OSCILAȚIILOR ELECTROMAGNETICE

Andrei PETRUȘCA<sup>1</sup>, Elena PETRUȘCA<sup>2</sup>, Igor POSTOLACHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituția Publică Liceul Teoretic „Principesa Natalia Dadiani”

<sup>2</sup>Instituția Publică Liceul Teoretic „Dante Alighieri”

<sup>3</sup>doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Tiraspol

**Rezumat.** În acest articol este descris o variantă de implementare a unui proiect transdisciplinar la unitatea de învățare “Corpuri solide și lichide”, referitor la montarea unui generator de oscilații electromagnetice pentru a demonstra procesul de modulare, proces utilizat în transmiterea informației.

**Abstract.** This article describes a variant of implementing a multidisciplinary project at the “Solid and Liquid Bodies” learning unit, regarding the mounting of an electromagnetic oscillation generator to demonstrate the modulation process, a process used in transmitting information.

**Cuvinte cheie:** generator de oscilații electromagnetice, modulație AM, Modulație FM

**Keywords:** electromagnetic oscillation generator, AM modulation, FM modulation.

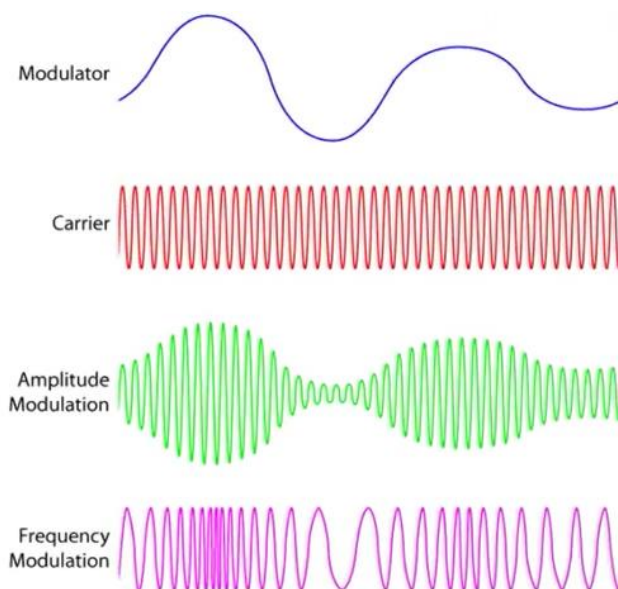
Modificările efectuate în Curriculum ne impune pe noi, profesorii de fizică, să căutăm alte căi care vom completa lacunele în cunoștințele acumulate a viitorilor absolvenți ai liceelor. Absolut întâmplător am depistat că în manualul de Informatică [1, p. 62] la tema: „Reprezentarea și transmiterea informației” elevilor li se descriu modulațiile de amplitudine și de frecvență (în prezent tema este transferată în [2, p. 109]. Pe tot parcursul anilor de predare a fizicii în școală/liceu modulația de frecvență la fizică nu a fost studiată, până la apariția manualului de Fizică Astronomie [2], iar în actualul Curriculum la fizică tema: „Principiile radiocomunicației” a fost transferată la extindere. S-a procedat corect sau nu? Este o întrebare ce provoacă discuții. O ieșire din situație a fost petrecerea unei conferințe științifico-practice în perioada decadei fizicii în liceu, unde elevii să prezinte referate despre noi descoperiri în domeniul științei și tehnicii sau teme din domenii cunoscute, dar, care în liceu nu se studiază.

La decada fizicii în liceu tema: „Principiile radiocomunicației” este inclusă și este prezentată de elevi (dacă avem elevi bine pregătiți în domeniul dat) sau de profesor (în ambele cazuri experimentul demonstrativ este prezent). Acesta se face cu scopul de a dezvălui elevilor importanța acestei teme în viața cotidiană și mai important pentru tinerii care vor face serviciul militar în Armata Națională a RM la specialitatea „Transmisiuni” (sau în sistemele de comunicații civile de stat). Pentru transmiterea informației (semnalelor audio și video) se folosesc unde electromagnetice cu o frecvență mult mai înaltă. Undele de frecvență joasă practic nu se propagă în mediul înconjurător, deoarece puterea de emisie în spațiu a undelor electromagnetice depinde de frecvență. De aceea pentru

transmiterea semnalelor cu informație este nevoie de un semnal (undă) de frecvență înaltă (din diapazonul undelor radio), numit **semnal purtător**, care se compune cu cel de frecvență joasă ce trebuie transmis. Acest proces de codificare este numit **modulare** și reprezintă modificarea codificată a semnalului purtător.

În manualul de fizică și astronomie, clasa XII-a sunt descrise cele mai simple tipuri de modulare: ”**modularea în amplitudine (AM - din limba engleză amplitude modulation)** și **modularea în frecvență (FM - frequency modulation)**” [2]. În fig. 1 sunt reprezentate semnalele: de frecvență sonoră (modulator); purtător (carried); AM (Amplitude Modulation) și FM (Frequency Modulation). Ele reprezintă modificarea codificată a amplitudinii și, respectiv, a frecvenței semnalului purtător în funcție de legea de variație a semnalului cu informație transmis.

Principiile fizice de transmitere a semnalelor audio cât și video sunt aceleași. Diferă doar dispozitivele electronice de modulare și recepție a acestor semnale.



**Fig. 1.** Reprezentarea grafică a semnalelor:

- de frecvență sonoră (modulator);
- purtător (carried);
- AM (Amplitude Modulation)
- și FM (Frequency Modulation)

În sistemele de comunicații militare și civile pe larg sunt utilizate diapazoanele de unde scurte (US) unde ultrascurte (UUS). În diapazonul de unde scurte (US) sunt utilizate următoarele tipuri de modulații [3]:

- a) modulația de amplitudine, bandă laterală dublă (ceea ce se preda anterior în liceu);
- b) modulația de amplitudine, bandă laterală unică, frecvența purtătoare completă;

- c) modulație de amplitudine, bandă laterală unică, frecvența purtătoare redusă sau nivel variabil; d) modulație de amplitudine, bandă laterală unică, frecvența purtătoare complet suprimată;
- e) modulație de amplitudine, benzi laterale independente.

În diapazonul de unde ultracurte (UUS) sunt mai frecvent utilizate [3]:

a) modulația de frecvență; b) modulația de fază; c) modulația de unghi. Informația referitor la tipurile de modulație a fost extrasă din instrucțiunile Instituției Publice „Serviciul Național de Management al Frecvențelor Radio” a RM [3].

Laboratoarele de fizică din liceele republicii sunt dotate cu oscilografe școlare la care putem observa numai oscilații de frecvență relativ joasă. Din această cauză pentru ca elevii să observe undele modulate a apărut necesitatea de a monta un generator de frecvență cu valoarea aproximativ egală cu 100 kHz. Generatorul a fost elaborat și montat conform modelului de generator de unde electromagnetice descris de inginerul american J. Clapp (fig. 2) [4].

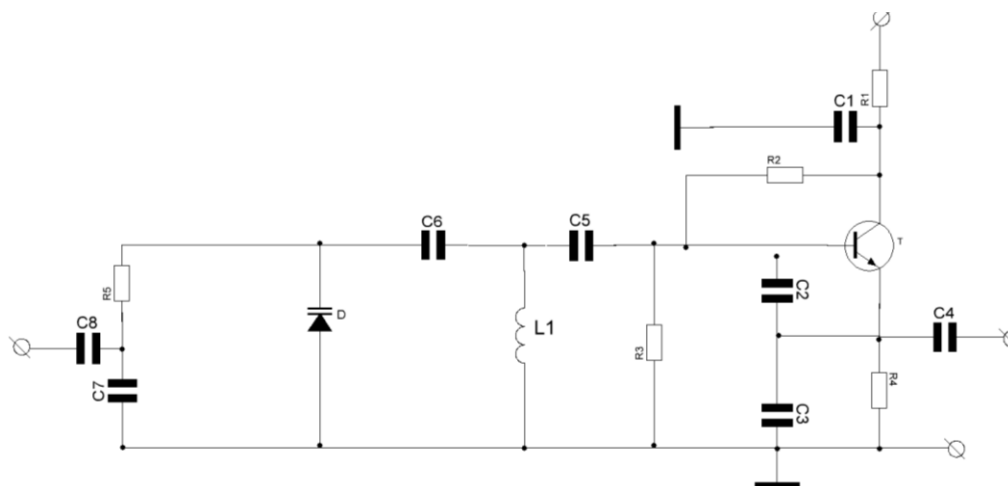


Fig. 2. Schema generatorului montat după schema elaborată de J. Clapp [4]

Analizând schema circuitului electric din punct de vedere a circulației curentului electric continuu, constatăm că tranzistorul  $T_1$  este conectat conform schemei cu emitorul comun. Poziția punctului de funcționare a tranzistorului este determinată de valorile rezistoarelor  $R_2$ ,  $R_3$  care formează divizor de tensiune și a rezistorului  $R_4$  conectat în circuitul emitorului tranzistorului  $T_1$ . Din punct de vedere a circulației curentului electric alternativ, tranzistorul  $T_1$  este conectat conform schemei cu colectorul comun, deoarece, colectorul tranzistorului la frecvențe înalte este conectat la împământare prin intermediul condensatorului  $C_1$ . Circuitul oscilant este format din bobina de inductanță  $L$  și condensatoarele  $C_2$ ,  $C_3$  și  $C_5$ . Condensatoarele  $C_2$ ,  $C_3$  constituie un divizor capacitiv de tensiune alternativă, care și determină profunzimea reacției pozitive. La frecvența de rezonanță prin circuitul oscilant intensitatea curentului este maximă, dacă capacitățile  $C_2$ ,  $C_3$  vor avea valori mari, impedanțele capacităților vor fi mici căderea de tensiune pe ele de asemenea va fi mică. În rezultat brusc scade profunzimea reacției pozitive ce va duce la imposibilitatea funcționării normale

a generatorului. Pentru valori mici ale capacităților condensatoarelor  $C_2$ ,  $C_3$ , căderea de tensiune pe ele va fi mai înaltă, respectiv și profunzimea reacției pozitive este mai mare, ceea ce va asigura funcționarea normală a generatorului. Profunzimea reacției pozitive determină forma semnalului generat și lipsa altor armonici dăunătoare. Pentru a efectua modulația de frecvență, paralel cu bobina circuitului oscilant  $L$  prin intermediul condensatorului  $C_6$  a fost conectată dioda varicap KB 105A, semnalul de joasă frecvență se aplică la dioda varicap prin intermediul condensatorului  $C_8$  și rezistorului  $R_5$ . În lipsa semnalului de joasă frecvență generatorul produce oscilații cu o frecvență constantă. În prezența semnalului de joasă frecvență capacitatea diodei varicap variază după legea semnalului de joasă frecvență, astfel se efectuează modulația de frecvență. Semnalul electric al oscilațiilor modulate, prin intermediul condensatorului  $C_4$ , sunt conectate la bornele de intrare a oscilografului școlar. În rezultatul testării generatorului sa observat că la modificarea temperaturii mediului înconjurător și la funcționarea îndelungată a generatorului are loc încălzirea bobinei și condensatoarelor  $C_5$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ .

Pentru menținerea constantă a frecvenței generatorului este necesar de utilizat condensatoare din seria KCO, deoarece ele compensează coborârea frecvenței cauzate de mărirea inductanței bobinei  $L$  la modificarea temperaturii mediului înconjurător. Utilizarea plăcilor de cuarț în locul circuitului oscilant constituit din bobină și condensator este imposibilă pentru modulația de frecvență, deoarece limitele deviației frecvenței la plăcile de cuarț sunt foarte mici.

Cu ajutorul generatorului descris putem demonstra fenomenul modulației undelor electromagnetice (fig. 3). Oscilogramele undelor de frecvență înaltă modulate cu frecvență a semnalului sonor este reprezentată în fig. 3. Modulația undelor electromagnetice a fost realizată la frecvența semnalului sonor de 1000 Hz.



Fig. 3. Oscilogramele unei unde electromagnetice modulate pentru două valori diferite ale timpului de desfășurare a oscilografului

Oscilogramele ne demonstrează modulația de frecvență în regim de supramodulație. Am procedat astfel, deoarece la frecvențe joase nu este posibil să obținem un tablou complet vizibil a

modulației de frecvență pe orizontală în câmpul de ecranul oscilografului în comparație cu cazul, când efectuăm modulația de frecvență la frecvențe înalte ale generatorului.

Pentru montarea schemei generatorului de frecvență înaltă au fost utilizate piesele descrise în tabelul 1. Tranzistorul de modelul KT 315 poate fi înlocuit cu KT 312 (A, Б, В). Dioda varicap de model KB 105A poate fi înlocuită cu o altă diodă de același tip, ce posedă parametri tehnici asemănători. Bobina de inductanță L este înfășurată pe carcasa interioară a cupelor cilindrice din material feromagnetic de tipul M2000HH cu diametrul exterior de 25 mm. Bobină este înfășurată din conductor din cupru ПЭЛ – 0,2 se înfășoară până la umplere completă a carcasei (se poate utiliza și alte variante de cupe cilindrice). Rezistoarele de model MJIT – 0,25 pot fi înlocuite cu alte tipuri de rezistoare cu aceiași parametri.

Tabelul 1. Lista pieselor utilizate în schema de montare a generatorului de frecvență înaltă

Num. de ord.	Notăția în schema circuitului	Tipul piesei	Valoarea numerică	Observații
1	R <sub>1</sub>	Rezistor MJIT – 0,25	1 kΩ	
2	R <sub>2</sub>	Rezistor MJIT – 0,25	4,7 kΩ	
3	R <sub>3</sub>	Rezistor MJIT – 0,25	5,6 kΩ	
4	R <sub>4</sub>	Rezistor MJIT – 0,25	1,5 kΩ	
5	R <sub>5</sub>	Rezistor MJIT – 0,25	68 kΩ	
6	C <sub>1</sub>	Condensator K73 – 15; 160 V	0,047 μF	
7	C <sub>2</sub>	Condensator KCO – 1; 500 V; Г.	6800 pF	
8	C <sub>3</sub>	Condensator KCO – 1; 500 V; Г.	6800 pF	
9	C <sub>4</sub>	Condensator KCO – 1; 500 V; Г.	2000 pF	
10	C <sub>5</sub>	Condensator KCO – 1; 500 V; Г.	620 pF	
11	C <sub>6</sub>	Condensator KCO – 1; 500 V; Г.	200 pF	
12	C <sub>7</sub>	Condensator KCO – 1; 500 V; Г.	560 pF	
13	C <sub>8</sub>	Condensator K73 – 15; 160 V	1 μF	
14	T	Tranzistor (n – p – n) KT 315 (A, Б, В)		
15	D	Diodă varicap KB 105A	(400 – 600) pF	

Condensatoarele de tipul KCO pot fi înlocuite cu condensatoare de tipul CFM, deoarece posedă același coeficient de modificare a capacității la variația temperaturii. De asemenea putem utiliza condensatoare ceramice produse în China, care în prezent sunt în cantități mari pe piață. Condensatoarele de tipul K73 – 15, pot fi înlocuite cu oricare alte tipuri de condensatoare (МБ, МБМ, inclusiv și cele produse în China).

Pentru explicare sau în condiții de pandemie fenomenul modulației undelor electromagnetice poate fi simulat cu diferite platforme educaționale. De exemplu platforma educațională jav.lab.org [8], permite demonstrarea procesului de modulare după amplitudine și modulare după frecvență (fig. 4).

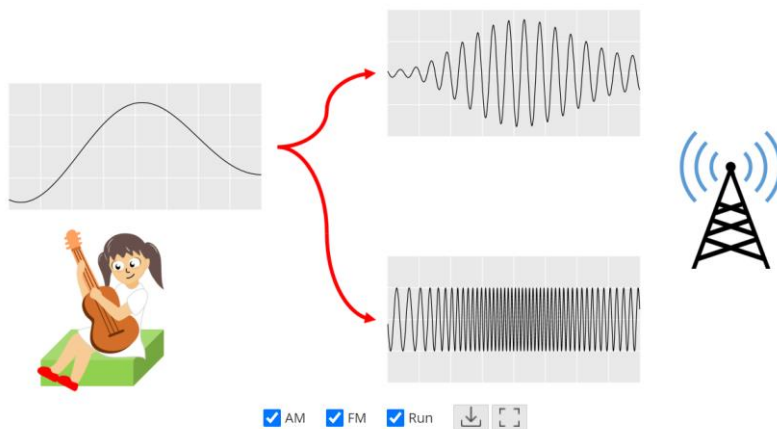


Fig. 4. Simularea procesului de modulare a undelor electromagnetice [8]

Schema circuitului pentru generator poate fi montată pe platformele Tinkercad sau Multisim 10.

*Articol elaborat în cadrul proiectului de cercetări științifice „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale în sistemul de educație din Republica Moldova din perspectiva inter/transdisciplinarității (concept STEAM)”, inclus în „Program de Stat” (2020-2023), Prioritatea IV: Provocări societale, cifrul 20.80009.0807.20.*

## Bibliografie

1. GREMALSCHI, A., MOCANU, I., GREMALSCHI, L. Informatică. Manual pentru cl. X-a. Chișinău: Știința, 2007.
2. MARINCIUC, M. ș.a. Fizică. Astronomie. Manual pentru clasa a XII-a. Chișinău: Știința, 2017. 168 p.
3. <http://www.snfr.md/index.php?l=ro> (accesat pe 05.01.2022);
4. CLAPP, J. K. (March 1948). "An inductance-capacitance oscillator of unusual frequency stability". Proc. IRE., 1948. p. 356–358.  
[https://www.ietlabs.com/pdf/GR\\_Appnote/A36%20Clapp%2C%20An%20LC%20Oscillator%20of%20Unusal%20Stability.pdf](https://www.ietlabs.com/pdf/GR_Appnote/A36%20Clapp%2C%20An%20LC%20Oscillator%20of%20Unusal%20Stability.pdf)
5. ЗАЕЗДНЫЙ А. М. Основы расчетов радиотехнических цепей. М.: Связь, 1976.
6. Радиопередающие устройства. Под ред. Г. А. ЗЕЙТЛЕНКА. М.: Связь, 1979.
7. ФИШЕР, Дж. Э., ГЕТЛАНД, Х. Б. Электроника от теории к практике. М.: Энергия 1980.
8. [https://javalab.org/en/am\\_fm\\_en/](https://javalab.org/en/am_fm_en/) (accesat pe 05.01.2022);