

Cuprins

Introducere

1. Funcționare	2
2. Schema	2
3. PCB	3
4. Lista de componente	3
5. Tutorial – Efectul Piezoelectric	4 - 10

DETECTOR DE VIBRAȚII

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

www.epsicom.com/kits.php

a division of EPSICO Manufacturing

O schemă ce poate fi folosită simplu ca alarmă sau poate face parte dintr-un ansamblu complex de supraveghere. Se montează la uși, ferestre, în magazine, în zone „sensibile”.

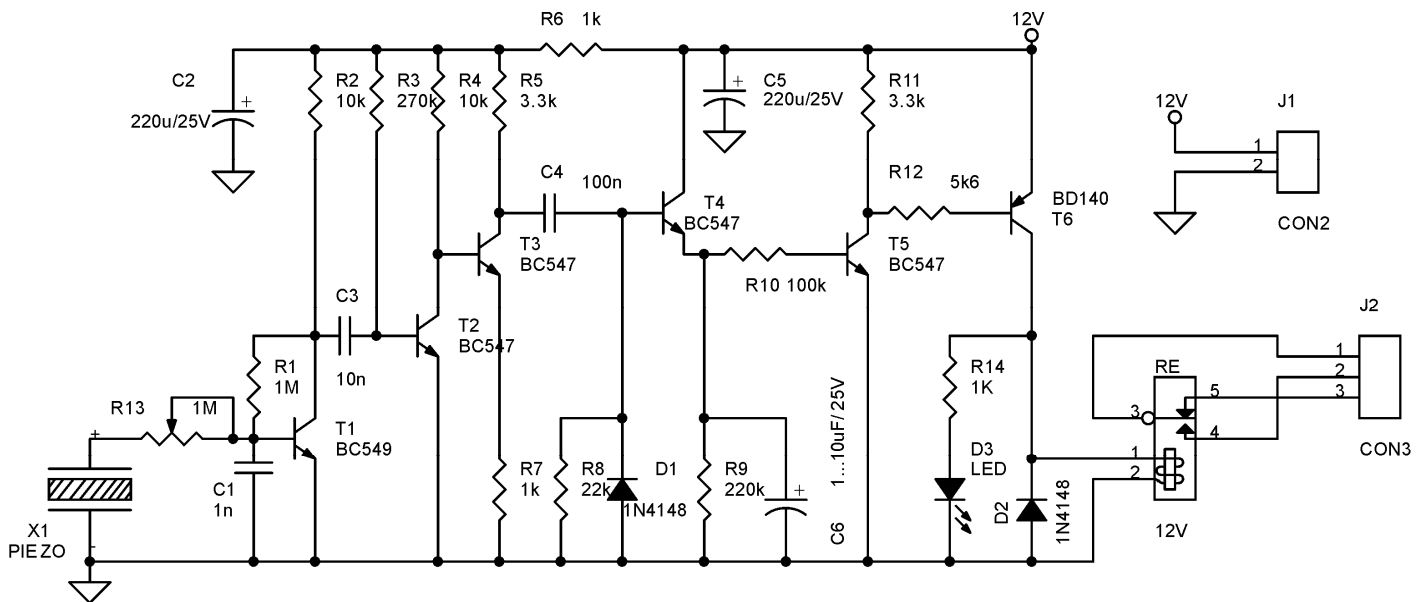
Caracteristici:

- Sensibilitate ridicată
- Alimentare 12V
- leșire pe releu 8A/220Vca

Funcționare

Este realizat cu un simplu piezo ceramic capabil să genereze un semnal electric prin deformare mecanică, la vibrații. Cu T1...T3 se amplifică semnalul de câteva mii de ori și se aplică pe baza tranzistorului T4 ce permite

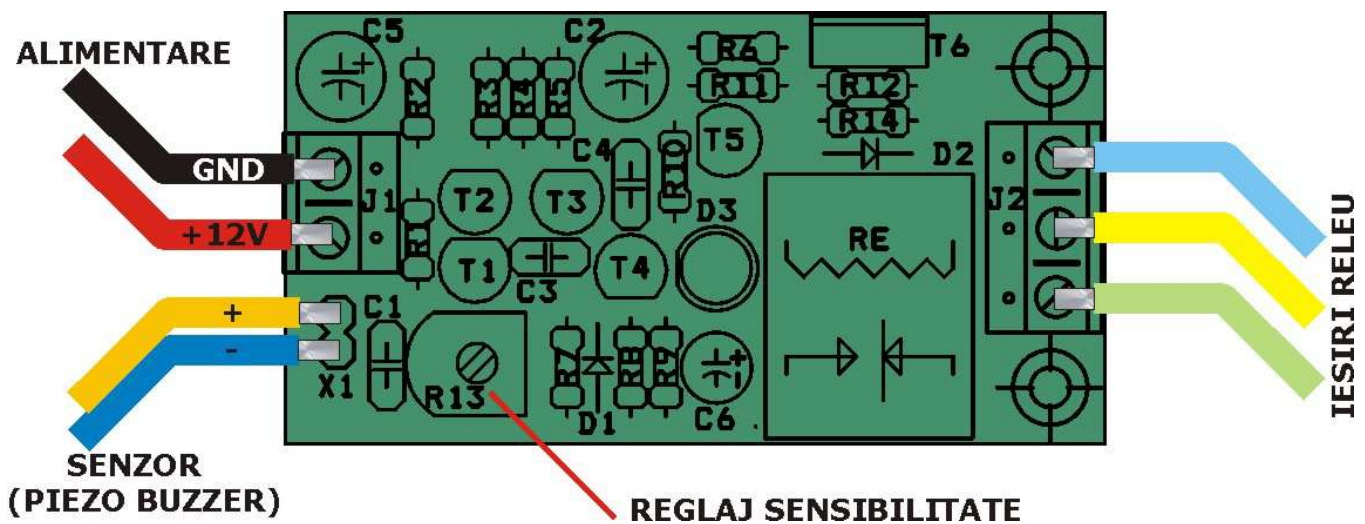
încărcarea lui C6 și deci menținerea unei tensiuni pe baza lui T4 care, în cascadă cu T5, va acționa releul Re1. Consumul este doar de câțiva mA.



Schema electrică

Lista de componente

Nr.Crt.	Componenta	Denumire	Valoare	Cant
1	C1	Condensator	1nF	1
2	C2,C5	Condensator	220 μ F/25V	2
3	C3	Condensator	10nF	1
4	C4	Condensator	100nF	1
5	C6	Condensator	1...10 μ F/25V	1
6	D1,D2	Diodă	1N4148	2
7	D3	Led	LED	1
8	J1	Conector	CON2	1
9	J2	Conector	CON3	1
10	RE	Releu	12V	1
11	R13	Semireglabil	1M Ω	1
12	R1	Rezistență	1M Ω	1
13	R4,R2	Rezistență	10K Ω	2
14	R3	Rezistență	270K Ω	1
15	R11,R5	Rezistență	3,3K Ω	2
16	R6,R7,R14	Rezistență	1K Ω	3
17	R8	Rezistență	22K Ω	1
18	R9	Rezistență	220K Ω	1
19	R10	Rezistență	100K Ω	1
20	R12	Rezistență	5,6K Ω	1
21	T1	Tranzistor	BC549	1
22	T2,T3,T4,T5	Tranzistor	BC547	4
23	T6	Tranzistor	BD140	1
24	X1	Piezo buzzer	PIEZO	1



Amplasarea componentelor

Acest produs se livrează în varianta circuit imprimat, asamblată sau în varianta circuit imprimat + componente în scopuri educaționale.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl www.epsicom.com

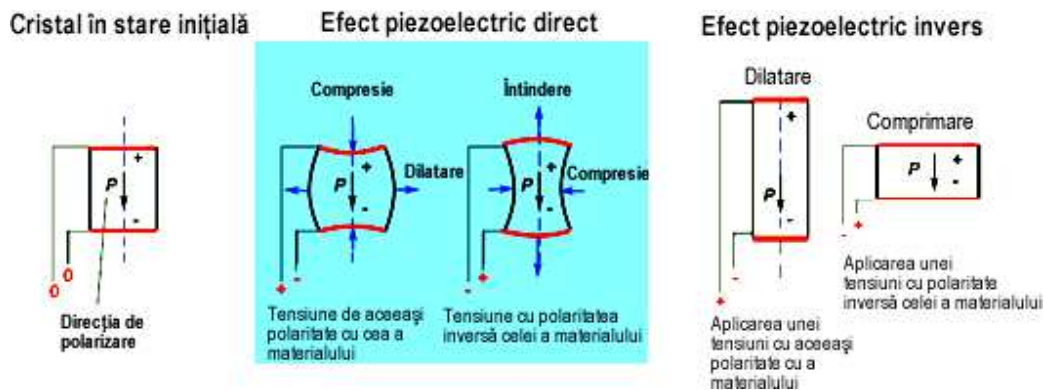
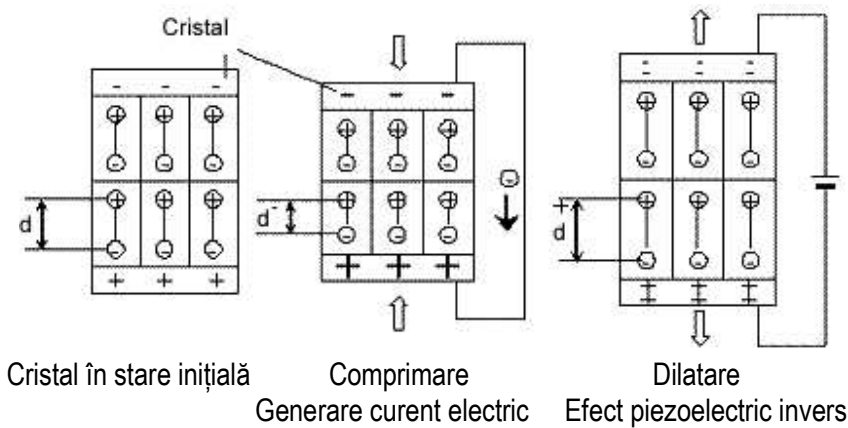
Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail office@epsicom.com

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa office@epsicom.com

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0723.377.426, 0743.377.426

Efectul piezoelectric este un fenomen prezent la unele substanțe (de exemplu, cuarț), determinat de interdependența dintre câmpul electric și deformațiile mecanice ale corpurilor. Efectul piezoelectric direct constă în apariția unei diferențe de potențial între fețele unui cristal supus la presiune mecanică (dacă efortul este de tracțiune, sensul tensiunii electrice se schimbă). Efectul piezoelectric invers, electrostricțiunea, constă în proprietatea cristalelor de a se deforma după anumite direcții, dacă pe unele dintre fețele acestora se află o diferență de potențial sau apariția unor deformații ale cristalului (oscilații mecanice) într-un câmp electric variabil. Mărimea sarcinii electrice este proporțională cu mărimea forței aplicate.

Prin aplicarea *tensiunii mecanice*, se produce o *separare a centrelor de greutate ale sarcinilor electrice*, negative și pozitive, ceea ce dă naștere unui *dipol electric*, caracterizat printr-un moment electric dipolar.



Așadar, *efectul piezoelectric direct* constă din producerea curentului electric prin deformare și este determinat de *distribuirea asimetrică a sarcinilor electrice* (nu există centru de simetrie). *Tensiunea electrică*, generată prin efect piezoelectric direct, este *direct proporțională* cu *tensiunea mecanică* aplicată și reciproc (în cazul efectului piezoelectric invers).

Dintre cele 32 de clase de cristale existente *numai 20* pot prezenta efect piezoelectric. Majoritatea materialelor piezoelectrice prezintă o *fază de înaltă simetrie cristalină* care apare deasupra unei *temperaturi critice* (temperatura Curie = T_c) și care *nu se poate polariza spontan*. Faza de la *temperatură scăzută* prezintă în general *efect piezoelectric*.

După descoperirea piezoelectricității, s-a considerat multă vreme că efectul piezoelectric este limitat doar la monocristale, deoarece materialele policristaline au graunți orientați în mod aleator, astfel încât efectele lor se anulează reciproc, rezultând un efect global nul.

În deceniul al-V-lea al secolului XX s-au descoperit materialele piezoceramice, cu constante dielectrice, K' , foarte ridicate. Constanta dielectrică este definită drept *raportul dintre permitivitatea electrică a dielectricului* respectiv (ϵ) și cea a *vidului* (ϵ_0):

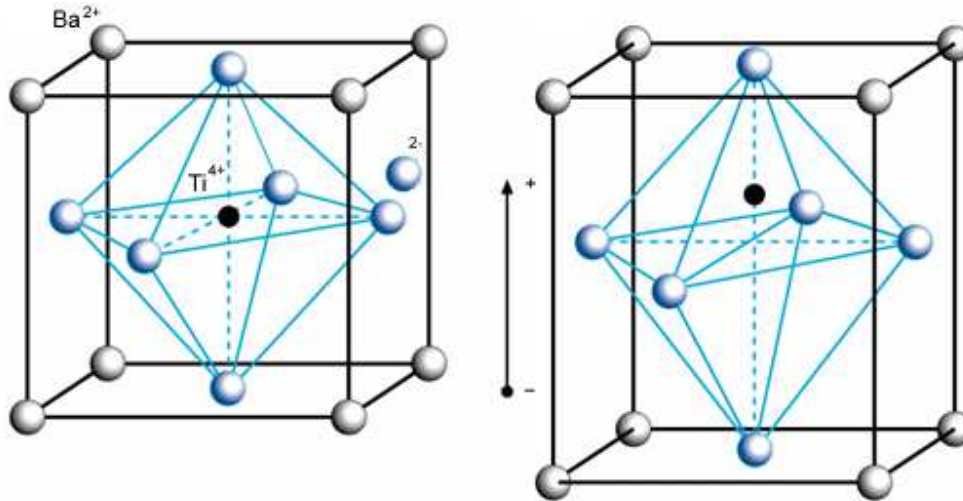
$$K' = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

în care $\epsilon_0 = 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$. Majoritatea materialelor ceramice sunt considerate *izolatori obișnuiți* dacă au $K' < 12$ și *capacitori* dacă au $K' > 12$. La materialele piezoelectrice $K' = 2000 \dots 10000$, atingând chiar valori de pâna la 30000, în funcție de frecvența

curentului electric aplicat.

Cele mai reprezentative materiale, cu efect piezoelectric important datorită unei valori ridicate a constantei dielectrice, sunt *titanații*. Exemplul uzual îl constituie *titanatul de bariu*, BaTiO_3 (BT), a cărui polarizare este prezentată în fig.3.2.

Se observă în figura de mai jos că *deasupra* temperaturii Curie ($T > T_C$) celula elementară a BT prezintă o înaltă simetrie cristalină iar *sub* T_C cationii Ba^{2+} și Ti^{4+} se deplasează în raport cu anionii O^{2-} , producând o polarizare spontană. Aplicarea unui câmp electric alternativ produce *deplasarea alternativă* a cationului Ti^{4+} între cele două poziții limită.



La definirea polarizării (sarcina pe unitatea de suprafață) se utilizează *coeficientul de cuplare piezoelectrică* (coeficient piezoelectric) care se notează „d”. Acesta poate fi definit drept viteza de variație a polarizării (P) în funcție de tensiunea mecanică (σ), aplicată sub câmp electric constant ($E = \text{ct.}$) sau drept viteza de variație a deformației (S) în funcție de câmpul electric (E), aplicat la polarizare constantă ($P = \text{ct.}$), după cum este vorba despre efectul piezoelectric direct sau respectiv invers:

$$d = \begin{cases} \left(\frac{\partial P}{\partial \sigma} \right)_{E=\text{ct.}} \cdot \text{C/N} \\ \left(\frac{\partial S}{\partial E} \right)_{P=\text{ct.}} \cdot \text{m/V} \end{cases}$$

Pe lângă coeficientul de cuplare piezoelectrică există și un *coeficient de tensiune* (g) care descrie câmpul electric (E) produs de o tensiune mecanică (σ), aplicată la polarizare constantă ($P = \text{ct.}$):

$$g = \left(- \frac{\partial E}{\partial \sigma} \right)_{P=\text{ct.}}, \text{m}^2/\text{C}$$

Între coeficientul de cuplare piezoelectrică (d) și cel de tensiune (g) există o relație de proporționalitate, prin intermediul permitivității electrice (ϵ):

$$d = \epsilon \cdot g$$

Cel de-al treilea coeficient, *factorul de cuplare electromecanică*, k, reprezintă eficacitatea transformării energiei electrice în energie mecanică și vice-versa.

Actuatorii trebuie să aibă *coeficienți de cuplare piezoelectrică, d, mari*, pentru a putea dezvolta deformații (curse) însemnate la variații mici ale curentului electric iar *senzorii* trebuie să aibă *coeficienți de tensiune g mari*, pentru a genera tensiuni electrice importante la tensiuni mecanice slabe.

Valorile temperaturii Curie (T_C) precum și ale unor proprietăți caracteristice, la T_{amb} , cum ar fi polarizarea (P), coeficienții de cuplare piezoelectrică (d) și de tensiune (g) și constanta dielectrică K' , sunt sintetizate în tabelul de mai jos

Nr. crt.	Materialul	Formula	T_C °C	P C/cm ²	d_{33} 10 ⁻¹² C/N	g_{33} 10 ⁻¹⁴ C/N	K'
1	Cuarț	SiO ₂	573	-	-2,3	-57,5	4
2	Titanat de bariu (BT)	BaTiO ₃	130	26	191	11,4	2000
3	Titanat-zirconat de plumb (PZT)	PbTi _{0,48} Zr _{0,52} O ₃	386	-	223	39,5	1500
4	Titanat-zirconat de plumb și lantan (PLZT)	Pb _{0,88} La _{0,08} Zr _{0,35} Ti _{0,65} O ₃	65	47	682	20	3400
5	Fluorura de poliviniliden (PVDF)	(CH ₂ -CF ₂) _n	41	-	30	200	15

Proprietăți piezoelectrice la T_{amb}

În conformitate cu cele arătate mai sus, *titanații* sunt recomandați ca materiale pentru *actuatori* (au d mare) iar *fluorura* de poliviniliden ca material pentru (are g mare).

Actuatori piezoelectrice

Actuatorii piezoelectrice *exercită forțe mecanice ca efect al tensiunii electrice aplicate*, prin efect piezoelectric invers. Deformația tipică este de ordinul a 2-3 ‰ însă cercetarile actuale sunt direcționate spre obținerea unei deformații de ordinul a 1%. La aceste materiale, energia transformată pe unitatea de volum este de ordinul a (0,18-120) · 10³ J/m³.

Principalele *calități* ale actuatorilor piezoelectrice sunt *timpii reduși de reacție și coeficienții ridicați de cuplare* piezoelectrică. Ei se împart în trei clase: *monocristale*, materiale *ceramice* polarizate și *compozite* piezoelectrice.

Materiale piezoelectrice

Cuarțul, cel mai răspândit mineral din natură (cca. 16 %) reprezintă o formă polimorfică a silicei (SiO₂), regăsită atât în compoziția chimică a sticlei silicioase (de geam) cât și (împreună cu anumite impurități) în „chimismul” unei largi varietăți de pietre pretioase: agat, ametist, calcedonie, opal, ș.a.

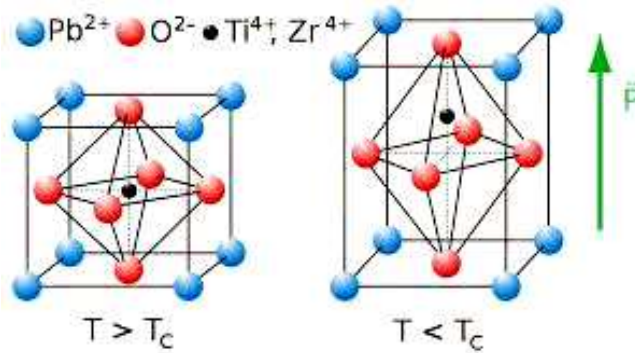
Cuarțul este, din punct de vedere istoric, *primul material piezoelectric*. El se găsește în stare naturală sub forma de **monocristale mari**. Silicea se topește la 1710°C și dacă este *racită foarte încet*, se formează monocristale de cuarț β, de *înaltă simetrie cristalină*, cu structura formată din tetraedre SiO₄⁴⁻ care se reproduc regulat în spațiu. Sub $T_C = 573^\circ\text{C}$ se obține cuarțul α, cu *simetrie cristalină mai redusă*, din cauza unei rețele cristaline triple de formă elicoidală. La *viteze de cristalizare mai mari* de $2,2 \cdot 10^{-7}$ cm/s se obține *cuarț vitros* (amorf).

Monocristalele de cuarț artificial, obținute prin solidificare dirijată, se utilizează la *oscilatoarele electronice*. Dacă este tăiat în plăci subțiri, după anumite orientări și cu grosimi foarte exacte, cuarțul capătă o *frecvență de rezonanță extrem de precisă*, dependentă de dimensiunile plăcii. Sub efectul unui curent alternativ, se obține un oscilator electronic cu frecvență foarte ridicată (cca. 20GHz) și precisă, capabil să furnizeze *impulsuri „de ceas” în computere sau ceasuri cu cuarț sau să controleze frecvențele emițătoarelor radio*.

Cei mai larg răspândiți actuatori piezoelectrice sunt cei **ceramici**. Aceștia sunt capabili să genereze forțe mari în timpi foarte reduși, fiind utilizați la: controlul vibrațiilor, capetele imprimantelor matriciale și motoarele piezoelectrice.

Titanat-zirconatul de plumb (PZT), cu formula stoichiometrică PbTi_{1-z}Zr_zO₃, este un **material ceramic** care a fost descoperit în 1954 și deține cel mai mare procent din piața mondială de *electromecanici*.

Coeficientul de cuplare piezoelectrică poate atinge valori de până la $d_{33} = 400 \cdot 10^{-12}$ C/N .



Efectul piezoelectric direct al PZT poate fi mai corect apreciat dacă se ține cont că o bară din acest material, cu secțiunea transversală de 1 mm^2 și lungimea de 1 cm , dacă este *lovită cu un ciocan obișnuit* (o masă de 1 kg dezvoltă o forță de cca. 10 N) generează la capetele ei o *diferență de potențial de 1550 V* .

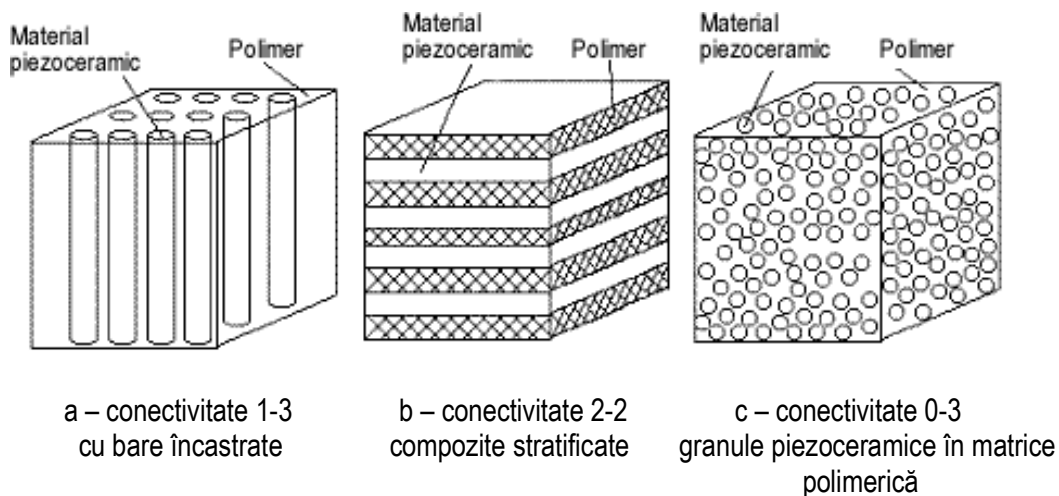
Piezoelectricitatea PZT există numai până la 386°C , atât timp cât celula elementară se menține asimetrică. Peste $T_c = 386^\circ\text{C}$ rezultă o celula elementară de înaltă simetrie cristalină,

Împreună cu alte materiale piezoceramice, PZT se utilizează la aplicațiile care necesită viteza de reacție și precizie ridicată.

Prin modificarea compoziției chimice a materialelor ceramice pe baza de PZT, se pot obține îmbunătățiri ale proprietăților piezoelectrice.

Materialele piezoceramice sunt utilizate pe scară largă ca *actuatori*, cele mai frecvente aplicații ale lor, care se regăsesc în *domeniile militar, aerospațial, spațial, etc.*, fiind legate de *controlul geometriei și complianței structurilor mari și în special de controlul vibrațiilor*. Principalul impediment al materialelor piezoceramice este *fragilitatea lor foarte ridicată*. Pentru a elimina acest dezavantaj s-au dezvoltat materiale compozite piezoelectrice (piezocompozite).

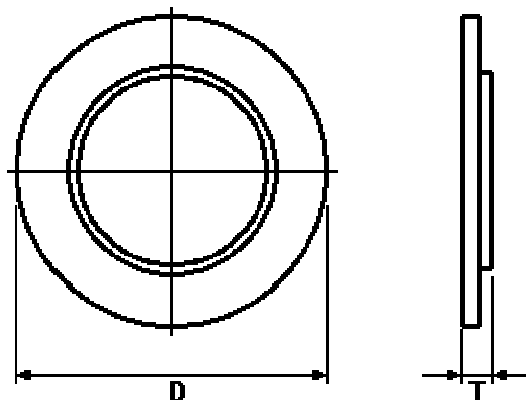
Conceptul de **material piezocompozit** presupune asocierea într-un singur produs a unor elemente active din *material piezoceramic și a unei matrice pasive*, din polimer, în scopul fructificării proprietăților benefice ale acestora.



În funcție de modul în care sunt aranjate cele două faze, altfel spus de numărul de dimensiuni după care fiecare fază este auto-conectată în piezocompozit, se obțin diverse tipuri de „conectivitate”, ilustrate mai sus.

Modul de notare a piezocompozitelor se bazează pe atribuirea *primului număr pentru conectivitatea părții active* (piezoceramica) și *a celui de-al doilea număr pentru conectivitatea părții pasive* (matricea polimerică). Astfel, piezocompozitul 1-3, din figura de mai sus este obținut prin conectarea barelor piezoceramice de-a lungul unei singure dimensiuni (direcții) în timp ce matricea polimerică este conectată de-a lungul tuturor celor trei direcții. Acest tip de piezocompozite sunt utilizate pentru fabricarea de *actuatori și senzori* care rezistă undelor de șoc, având capacitatea de a-și relua funcțiile după fiecare șoc. Dacă se încorporează fibre piezoceramice subțiri, în proporție de cca. $15\text{-}25\%$, într-o matrice poliuretanică, se obțin *compozite cu amortizare piezoceramică activă*, capabile să atenueze nivelul presiunii vibrațiilor cu până la aprox. 70% . Un piezocompozit 2-2, ca în poziția b, se obține prin stratificarea plăcilor piezoceramice și a celor polimerice iar unul de tip 0-3, ca cel din poziția c, prin înglobarea particulelor piezoceramice în matricea polimerică. Piezocompozitul 0-3, numit și „piezocauciuc”, este utilizat în mod curent ca *senzor*.

Nu este lipsit deloc de importanță să atragem atenția asupra faptului ca, din punct de vedere constructiv, materialele piezoceramice introduc o capacitate în circuitul electric, de care trebuie ținut cont în calculul circuitelor rezonante, astfel:



Tip	Tensiune max [V]	Capacitate electrostatică [pF]	Frecvența de rezonanță [Hz]	Impedanța rezonanță [Ω]	Diametru [mm]	Grosime [mm]
BPE12B-11	30 Vp-p DC	3300 la 1KHz	11.000	1500	12	0,33
BPE50B-1	30 Vp-p DC	50000 la 1KHz	1000	500	50	0,43
BPE12B-16.5	30 Vp-p DC	6000 la 1KHz	16500	800	12	0,4

Capacitatea = $\epsilon \times \text{Suprafața} / \text{Grosime}$ unde ϵ este permitivitatea [F/m]

Piezostructuri

Aplicații ale actuatorilor piezoelectrice includ: controlul vibrațiilor, direcționarea, reducerea și izolarea vibrațiilor la sistemele optice adaptive, amortizarea activă a substratului tensionat, capetele magnetice ale aparatelor de înregistrare-redare a sunetului, micromanipolatoarele robotice, imprimantele cu jet de cerneala și motoarele piezoelectrice.

Motoarele piezoelectrice ultrasonore

La un secol de la inventarea lor, motoarele electromagnetice au atins un anumit grad de perfecționare peste care nu se mai poate trece fără descoperirea unor materiale magnetice și superconductoare noi. În plus, la dimensiuni reduse, sub 1 cm³, sollicitate de tendința continuă de miniaturizare, randamentul acestor motoare scade foarte mult. În aceste condiții, în domeniul calculatoarelor și roboticii, s-a impus o nouă categorie de generatoare de energie mecanică – motoarele piezoelectrice – dezvoltate de IBM, în 1973.

Senzori piezoelectrice

Sunt utilizați pentru controlul în asigurarea calității, cercetare și dezvoltare în domeniul medical, industria aerospațială, instrumente nucleare și senzori de înclinare. Tehnologia Piezo este insensibilă la câmpurile electromagnetice și radiații și permit măsurări în condiții dure însă acestea nu pot fi utilizate pentru măsurări statice pentru că la forță statică va avea avea comportare la limita senzor/actuator.

Actuatori piezo

Aceste componente piezo au densitate mare de putere, precizie mare de poziționare, înaltă fiabilitate și puteri mare cu pierderi reduse. Ca elemente de acționare, are aplicații aerospațiale, dispozitivele de acționare supape, încuietori pentru uși, ...

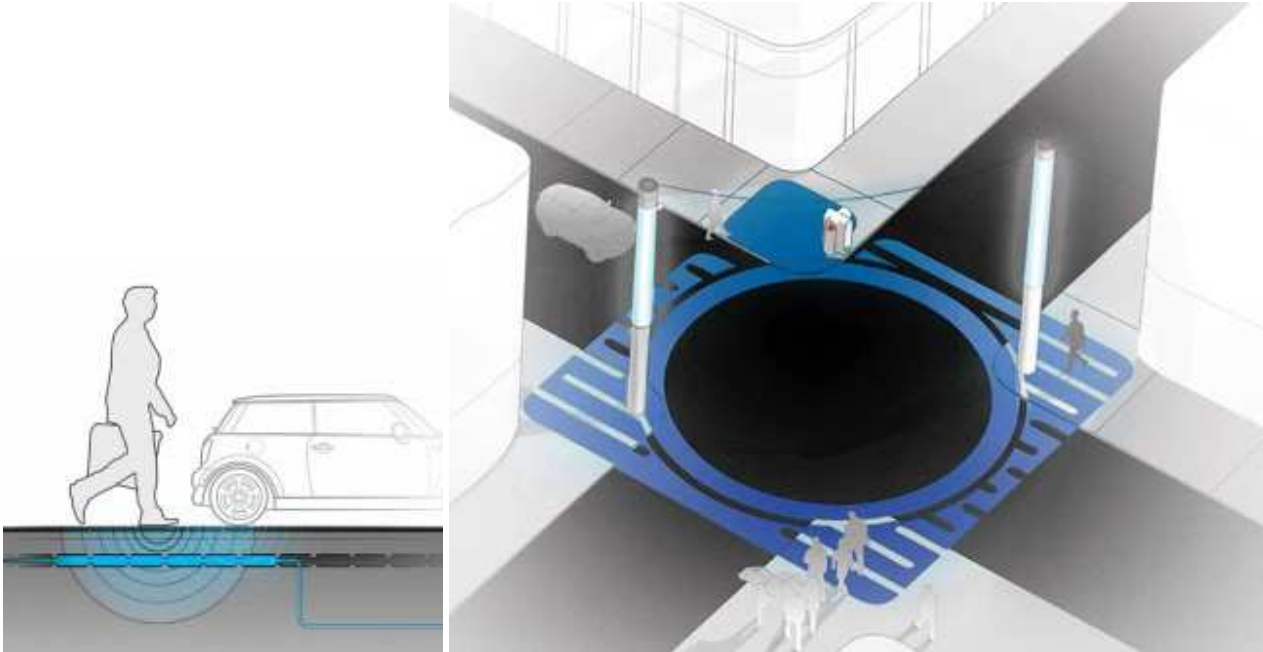
Generatoare piezoelectrice multistrat

Constau dintr-o stivă de elemente piezoelectrice foarte subțiri din ceramică, electrozi cu efect piezoelectic, ce generează tensiune joasă cu curent mare.

Este o aplicație de viitor pentru baterii solid-state pentru alimentarea circuitelor electronice și senzori de monitorizare a presiunii în pneurile mașinilor. Sunt utilizate frecvent în acest mod pentru aprinderea unei surse de combustibil precum brichetele, aragaze și aparatele de sudură.

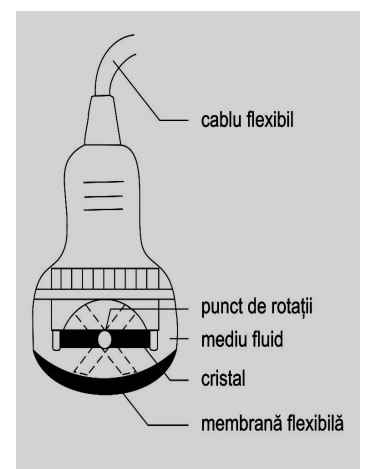
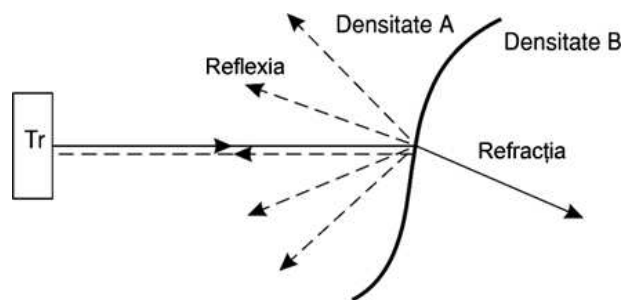
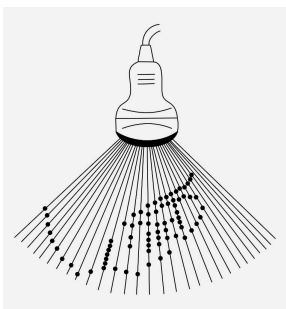
Pot fi utilizate și în piețe aglomerate pentru generarea energiei electrice. Un grup de studenți din Detroit au venit cu o idee nastrușnică și interesantă. Din intersecții aglomerate, mașini blocate și pietoni nemulțumiți, s-a generat energie prin efectul piezoelectric; în urma presării unor cristale piezoelectrice este creată o diferență de potențial formând astfel adevărate generatoare de curent electric.

Cu alte cuvinte, cantitatea de electricitate generată într-un astfel de spațiu, este direct proporțională cu numărul de mașini și pietoni din intersecție. Cu un mic exercițiu de imaginație, se va observa că ideea nu-i tocmai rea iar proprietarii de imobile ar reduce factura la lumină, parcurile ar fi iluminate ecologic doar din fluxul auto din intersecții.



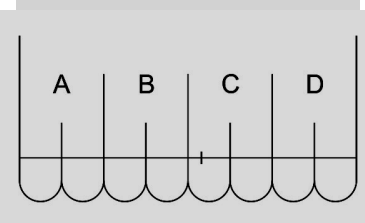
Ecografia:

- Generarea de ultrasunete de către traductor
- Transmiterea lor către țesuturi cu densități diferite
- Propagarea diferită a ultrasunetelor în procesul de refracție și reflexie, variabil în funcție de diferența de densitate dintre țesuturile traversate succesiv (exemplu- traversarea peretelui abdominal și al conținutului pelvisului).
- O parte din ultrasunete se întorc la traductor sub formă de ecouri acustice, definind astfel obstacolul (țesutul) întâlnit.



Elementele tipice ale traductorului ecografic au $\varnothing = 6-19\text{mm}$, grosimea $= 0,2-2\text{mm}$

Elementele și celelalte piese asociate constituie traductorul sau sonda ecografică



Frecvența de rezonanță (la care traductorul operează cel mai bine) depinde de grosimea cristalului (elementului) piezoelectric. Cristal subțire => frecvență mai mare a traductorului
Datorită faptului că frecvența depinde de proprietățile cristalului piezoelectric, traductorul se schimbă de la o examinare la alta (dacă scara de frecvență nu se încadrează în valorile traductorului respectiv) (abdomen-endovaginal-sân)

Efecte termice

Efectul termic al ultrasunetelor utilizate în scopul diagnosticării medicale este neglijabil; datorită intensității acustice reduse de $0,1\text{W}/\text{cm}^2$, încălzirea țesuturilor este neglijabilă.

Materiale piezoelectrice

Pentru detectarea piezoelectrică sunt folosite traductoarele ceramice, cele mai utilizate materiale piezoelectrice fiind oxidul de zinc, nitrura de aluminiu și oxizi plumb-zirconit-titan, cunoscute sub numele de PZT.

Materiale piezoelectrice sunt sensibile la schimbările de temperatură. De exemplu cuarțul își pierde sensibilitatea dacă temperatura scade cu o pantă de $-0,016\% / ^\circ\text{Celsius}$. Cu filme și materiale PVCF sensibilitatea se modifică atunci când temperatura este pe partea mai mare sau mai mic de 40 grade Celsius.

Materiale piezoelectrice sunt de obicei generate de oxizi metalici de înaltă puritate sub formă de pulbere fină (oxid de plumb, oxid de titan etc.). Pulberea se calcinează și se amestecă într-o proporție drept. Se amestecă apoi cu lianți organici solizi și / sau lichizi pentru a face o așa numită "turtă" și încălzit într-o temperatură controlată. Materialul este acoperit cu electrozi de contact și poled. După aceasta materialul piezoelectric este format pentru a forma sa finală. [8]

Materiale noi

Cristale unice:

- magneziu niobat / titanat de plumb (PMN-PT)
- plumb zirconat niobat / titanat de plumb (PZN-PT)
- niobat de litiu (LiNbO_3)
- niobat de litiu cu dopants
- litiu tetraborat ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)
- cuarț
- titanat de bariu (BaTiO_3)

Relaxors:

- niobat magneziu plumb
- niobat magneziu plumb / lantan
- niobat nichel plumb [4]

<http://www.1728.org/resfreq.htm>

<http://www.scribub.com/tehnica-mecanica/MATERIALE-PIEZOELECTRICE31451624.php>

<http://www.icc107.com/Search/SearchSumA.cfm?ShowAll=Yes&Search=PIEZOELEMENTs&LinkSource=Pain>

<http://electronics.ucv.ro/mihaium/Materiale%20didactice/MATERIALE2013/MaterSubEx27.pdf>

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl www.epsicom.com

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail office@epsicom.com

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa office@epsicom.com

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0723.377.426, 0743.377.426

Data Notes

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl www.epsicom.com

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail office@epsicom.com

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa office@epsicom.com

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0723.377.426, 0743.377.426