

SUMATOR KULKOWY

Ogłoszony w czerwcowym numerze „Młodego Technika” w ubiegłym roku – konkurs – na budowę kulkowego sumatora – przyniósł bogaty plon w postaci kilkudziesięciu prototypów, z których wiele stanowi doskonałe pomoce naukowe umożliwiające zrozumienie zasad sumowania liczb w układzie dwójkowym. Poniżej zamieszczamy opis kulkowego sumatora wykonanego przez Bożenę Czenczer, zdobywczynię głównej nagrody w II etapie konkursu „Flip-Flop”.

*

Sumator umożliwia poznanie techniki dodawania liczb w układzie dwójkowym oraz techniki zamiany układu dwójkowego na dziesiętny i odwrotnie. Przyrząd ma płytę czołową ze szkła, co daje możliwość śledzenia techniki sumowania oraz zapisu w układzie dwójkowym i dziesiętnym. Aby móc dokładnie poznać występujące zjawiska i zależności, wbudowano do sumatora rozdzielacz kanałów. Umożliwia on uzyskanie sumy 31 za pomocą mniejszej liczby kulek np. pięciu. Liczba kulek, które brały udział w działaniu, odczytywana jest na wskaźniku znajdującym się na dole sumatora, a przekroczenie maksymalnej wartości sumy, która wynosi 31, sygnalizowane jest za pomocą dzwonka.

Pracę rozpoczniemy od wycięcia ze sklejki grubości 10–20 mm podstawy i płyty sumatora wg wymiarów podanych na rys. 1. Szerokość otworu w podstawie musi być dobrana do grubości płyty sumatora tak, aby można było płytę umocować na stałe przez wbicie jej do otworu w podstawie.

Następnie listewkę o przekroju 10×10 mm tnijemy na odcinki, które przymocujemy do płyty zachowując układ i wymiary podane na rys. 1. Listewki mocujemy w kolejności od 1 do 11, przy czym listewki 1, 2 10 i 11 mocujemy na stałe, pozostałe zaś prowizorycznie. Listewkę 9 mocujemy później, przy dopasowywaniu flip-flopów. Listewka 3 ma długość 120 mm i zamocowana jest tylko jednym końcem. Umożliwia to jej promieniowe przesuwanie pomiędzy listewkami 4 – 8.

Teraz z paska cienkiej blaszki szerokości 7 mm wycinamy pięć flip-flopów w sposób pokazany na rys. 2 i mocno zaciskamy wszystkie ich zgięcia. Boczne krawędzie blachy opiłowujemy, aby były zupełnie gładkie. Następnie ze sztywnego, stalowego drutu $\varnothing 0,6 - 0,8$ mm wykonujemy pięć osi. W płycie z listewkami wyznaczamy miejsca na otwory dla osi flip-flopów uważając, aby wypadły one ok. 1 mm poniżej górnej płaszczyzny każdej listewki. Otwory wiercimy o takiej średnicy, aby

osie obracały się w nich lekko, lecz bez zbyt dużych luzów.

W listewkach zamocowanych na płycie sumatora wycinamy przerwy – 10 mm w prawo i 7 mm w lewo od otworów na osie. Osie przetykamy od tyłu przez płytę, wciskamy na nie flip-flopy i dopasowujemy poszczególne układy w sposób pokazany na rys. 3. Piąty flip-flop ma po lewej stronie zamocowaną listewkę 9, jak pokazano na rys. 1.

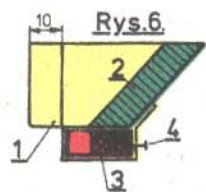
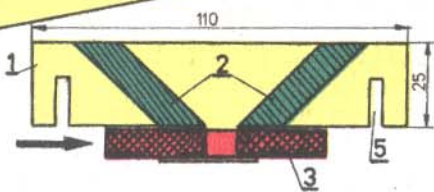
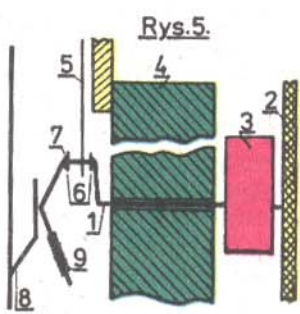
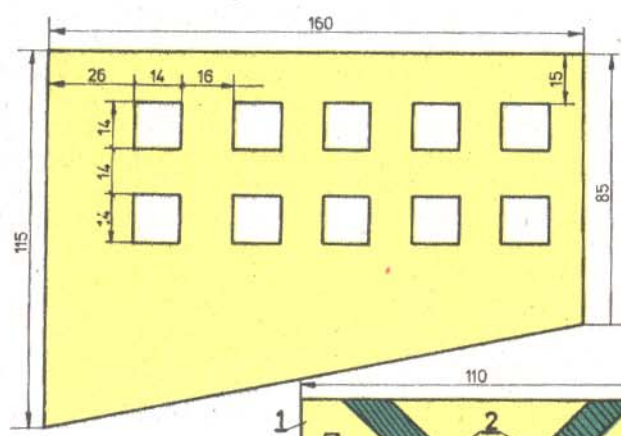
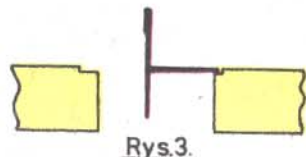
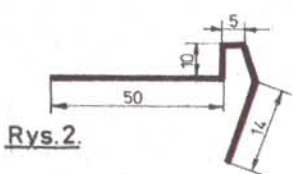
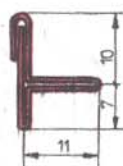
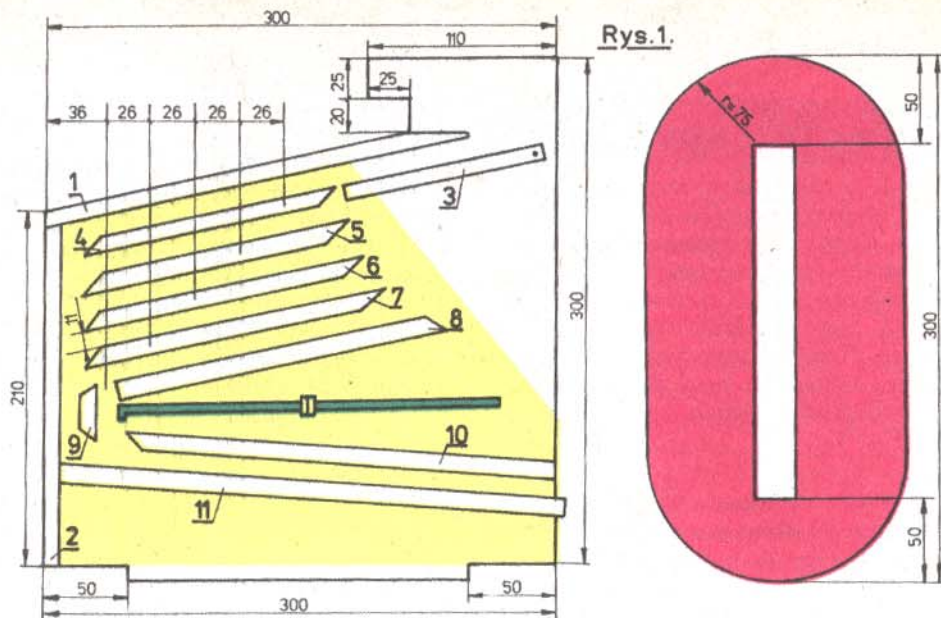
Teraz ze stalowego pręta $\varnothing 5$ mm, długości około 225 mm wykonujemy dzwonek. W tym celu jeden jego koniec na długości 3 mm zaginamy pod kątem prostym i po owinięciu pręta w środku ciężkości paskiem z miękkiej gumy mocujemy go gwoździem wygiętym w kształcie litery U do płyty sumatora. Pręt powinien być tak umocowany, aby kulka spadająca z listewki 8 uderzając go, powodowała dzwonienie pręta.

Na końcu listewek 10 i 11 zrobimy z blaszki otwieraną zasuwkę do zamykania kanału pomiędzy listewkami 10 i 11. Listewkę 11 ścinamy od góry na całej długości tak, aby w połączeniu z płytą sumatora tworzyła małą rynienkę. Spowoduje to równe układanie się kulek, co umożliwi obliczenie liczby kulek znajdujących się aktualnie w kanale.

Do tak zmontowanej płyty dorobimy szklaną płytę czołową, która powinna zasłaniać całą żółtą powierzchnię na rys. 1. Aby płyta szklana przylegała do listewek, dorobimy uchwyty mocujące. W zależności od własnej inwencji, mogą to być uchwyty ze sprężystej blaszki mocowane na wcisk, bądź też uchwyty odchylane, zamocowane obrotowo za pomocą gwoździków wbitych w tylną ściankę płyty sumatora. Po zamocowaniu płyty szklanej, pod listewką 3 wiercimy w płycie sumatora pięć otworów w takich miejscach, aby po włożeniu w nie kolka, listewka 3 zajęła położenie umożliwiające płynne wtoczenie się kulki do każdego z pięciu kanałów. Kolek dobieramy takiej długości, aby istniała możliwość zmiany położenia listewki 3 bez konieczności zdejmowania płyty szklanej.

Płytę sumatora z prowizorycznie zamocowanymi elementami mocujemy na stałe w podstawie. Wpuszczając pojedyncze kulki do pierwszego od góry kanału, sprawdzamy poprawność ich przechodzenia przez wszystkie kanały i w razie konieczności wprowadzamy niezbędne poprawki. Po uzyskaniu pożądanego rezultatu wszystkie listewki, zasuwki i podstawę mocujemy na stałe.

Następnie budujemy automatyczny wskaźnik zapisu sumy w układzie dwójkowym i dziesiętnym. Ze sklejki grubości 3 – 5 mm wycinamy płytkę z okienkami (rys. 4) oraz listewkę szerokości 20 mm i długości tej samej, co szerokość płytki. Listewkę



mocujemy od strony czołowej do płytki tak, aby wystawała ponad nią około 15 mm. W tylną ściankę płytki wbijemy, pomiędzy okienkami, pinezki z krótkim ostrzem, po dwie przy każdym okienku, około 3 mm od wewnętrznej krawędzi każdego okienka. Pomiedzy łebkiem pinezki a płytką należy pozostawić przerwę 1,5 mm. Tak przygotowaną płytkę mocujemy gwoździkami do tylnej ścianki

płyty sumatora w taki sposób, aby jej lewa ścianka tworzyła jedną linię z lewym bokiem płyty sumatora.

Z brzościu wycinamy pięć pasków szerokości 19 mm i długości 250 mm. W lewym dolnym rogu każdego z nich robimy otwór o średnicy osi flip-flopów. Poszczególne paski zakładamy na przeguby poszczególnych osi tak, aby przechodziły przez

lewy dolny róg każdego paska, kiedy spojrzymy na osie od tyłu. Górne części pasków wkładamy pomiędzy prowadnice wykonane z pinezek. Wszystkie osie przekręcamy w położenie, w jakim patrząc od tyłu – przeguby w jednym położeniu flip-flopów wskazywać będą godzinę 7, a w drugim położeniu 11. W położeniu godz. 11 wszystkie paski ucinamy równo z krawędzią płytki, a dolne części pasków podcinamy tak, aby przy wzajemnych ruchach nie zaczepiały o siebie oraz aby były możliwie jak najlżejsze. Po ustawieniu osi na godz. 7 na paskach we wszystkich okienkach zapisujemy 0, w położeniu godz. 11 w górnym rzędzie okienek wpisujemy poczynając od lewego okienka 16-8-4-2-1, w dolnym rzędzie okienek natomiast same jedynki. Na poprzeczkach pomiędzy górnym rzędem okienek piszemy znak „+”, a przed lewym górnym okienkiem znak „ $\Sigma_{10} =$ ”, przed lewym dolnym okienkiem zaś znak „ $\Sigma_2 =$ ”. W ten sposób otrzymujemy w górnym rzędzie okienek zapis sumy w układzie dziesiętnym, a w dolnym – w układzie dwójkowym.

Następną czynnością będzie ostateczne zamocowanie i wyważenie flip-flopów. W tym celu przycinamy na odpowiednią długość oś (1) flip-flopu (rys. 5), a obcięty koniec spiłowujemy na kształt stożka, który swoim ostrzem opierać będzie się o szklaną płytkę (2). Flip-flop (3) mocujemy na osi tak, aby zajmował położenie środkowe pomiędzy płytą szklaną a płytą sumatora (4). Nie może on dotykać ani do jednej, ani do drugiej płytki, gdyż powstałe tarcie uniemożliwi jego obrót. Na przegub, po obydwu stronach paska brystolu (5), zakładamy wycięte z brystolu krążki (6) o średnicy 5 mm uniemożliwiające zsuwanie się paska, i kilkoma kroplami epidianu (7) mocujemy na osi stałe krążki papieru i blaszkę flip-flopu. Następnie przygotowujemy tylną obudowę (8), która uniemożliwi poziome przesuwanie się osi.

Obudowę wykonamy z kawałka blachy wygiętej w kształcie szerokiego korytka, które umocować należy pionowo na tylnej ściance sumatora. Dno korytka, w którym trzeba ponacinać pięć pasków szerokości 20 mm, powinno znajdować się w odległości 5–10 mm od najbardziej wystającej części osi. Środek każdego paska musi wypadać na osi flip-flopu. Każdy pasek (8) stanowi tylny ogranicznik przesuwu osi, przednim ogranicznikiem zaś jest szklana szyba. Wygięcie paska powinno być takie, aby oś miała około 0,5 mm luzu pomiędzy obydwoma ogranicznikami.

Jeżeli chcemy wykonać urządzenie do kasowania wskazań zapisu sumy, to blaszana obudowa powinna sięgać 10 mm ponad płytkę z okienkami. Z tego 10 mm naddatku wykonamy jedną połowę zawiasu,

natomiast drugą połowę zrobimy z blaszki o takiej szerokości, aby po złożeniu zawiasu opierała się o płytkę z okienkami. Blaszka ta po opuszczeniu jej na płytkę z okienkami kasować będzie istniejący w danej chwili zapis. Aby działanie sumatora było możliwe, kasownik powinien być utrzymywany w pionowym położeniu. W tym celu na oś zawiasu kasownika należy założyć odpowiednio wygiętą sprężynkę.

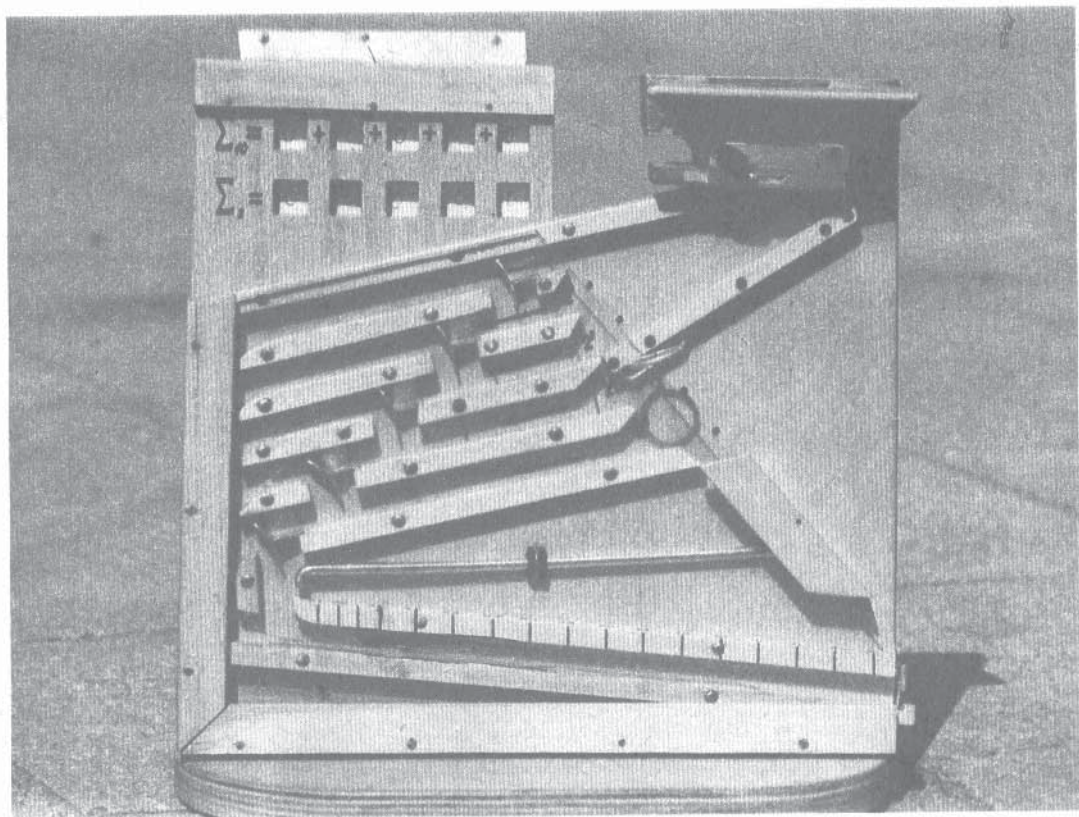
Po wyschnięciu epidianu ustalającego na osi położenia flip-flopów przystąpimy do wyważenia każdego układu. W tym celu na koniec drutu po przeciwnej stronie przegubu osi, nawiniemy miękki, miedziany drucik (9), tak, aby flip-flop w żadnym położeniu nie wykazywał tendencji do powrotu w położenie przeciwne. Po wyważeniu wszystkich flip-flopów, za pomocą krótkich wkrętów do drewna przymocujemy blaszaną obudowę z kasownikiem do płyty sumatora.

Ostatnim elementem, jaki pozostał do wykonania, jest zbiornik na kulki z dozownikiem podającym po jednej kulce. Na rys. 6 pokazany jest przekrój podłużny i poprzeczny tego urządzenia. Składa się ono z blaszki (1), której pionowa część stanowi tylną ściankę zbiornika i uchwyt mocujący całość na płycie sumatora, natomiast dolna, zawinięta część tej blaszki stanowi prowadnicę dozownika, z drewnianych ścianek (2) stanowiących przednie i boczne ścianki zbiorniczka oraz z prostokątnej listwy (3) grubości 8 mm stanowiącej podajnik dozownika.

Działanie urządzenia przebiega następująco: po wyspaniu kulek do zbiorniczka, jedna kulka wpada do otworu w dozowniku (3). Po przesunięciu listwy dozownika w kierunku zaznaczonym strzałką, kulka zostaje przesunięta do otworu w blaszce prowadnicy, przez który wypada na dół. Po cofnięciu listwy dozownika do poprzedniego położenia puste miejsce w dozowniku zajmuje następna kulka i cykl powtarza się.

Celem ograniczenia ruchu listwy do potrzebnych granic, w bocznej ściance prowadnicy należy wyciąć podłużny otwór takiej długości, jaki potrzebny jest dla ruchu dozownika. Jeżeli w listwę dozownika wbijemy, przez wykonany otwór, gwoździć (4), to uzyskamy ruch listwy zawarty jedynie w granicach wyciętego otworu. Do przedniej części prowadnicy i do gwoździćka zamocujemy gumkę lub sprężynkę, przez co uzyskamy samoczynny powrót listwy dozownika w położenie początkowe.

W blaszce (1) dozownika wytniemy dwa pionowe podłużne kanały (5) umożliwiające zdejmowanie zbiorniczka z płyty sumatora, a końce blaszki celem usztywnienia ścianki zagniemy pod kątem prostym



tak, aby ściśle przylegały do bocznych krawędzi płyty sumatora. W płytę sumatora wbijemy od przodu dwa gwoźdźce z dużymi łebkami, na które będziemy nasuwać od góry zbiorniczek z dozownikiem. Gwoźdźce te wbijemy w takim miejscu, aby tylna ścianka zbiorniczka swą górną krawędzią pokrywała się z górną krawędzią płyty sumatora. Na rys. 6 pokazane zostały jedynie te wymiary, które są związane z innymi elementami sumatora. Pozostałe brakujące wymiary należy dobrać indywidualnie, gdyż są one uzależnione jedynie od zastosowanych materiałów.

Ostatnimi czynnościami, jakie pozostają do zakończenia budowy sumatora, to przymocowanie do listwy (3) (rys. 1) – celuloidowej płytki szerokości 20 mm, która spadając z dozownika kulkę utrzyma na listwie (3) i skieruje do odpowiedniego kanału. Następnie do kanału pomiędzy listwami 10 i 11 (rys. 1) wpuścimy 31 kulek. Na listwie 10 zaznaczymy kreskami środki poszczególnych kulek wypisując na każdej (lub co drugiej kresce) odpowiedni numer o kierunku narastającym od prawego boku sumatora do lewego. W ten sposób określenie liczby kulek znajdujących się w kanale sprowadzi się jedynie do odczytu cyfr liczby znajdującej się na listwie 10, nad

ostatnią kulką, bez konieczności liczenia kulek. I wreszcie na początku każdego z kanałów, a więc w pobliżu listwy (3), można wyrysować strzałkę, zgodnie z kierunkiem ruchu kulek, dopisując począwszy od kanału górnego do najniższego cyfry: 2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 , 2^4 . Będzie to stanowiło znaczne ułatwienie przy wszelkiego rodzaju pracach dydaktycznych, w których sumę 31 będziemy chcieli uzyskać za pomocą mniejszej liczby kulek.

Gdyby w czasie prób wpuszczania kulek do kanału innego niż pierwszy kulki wtaczały się ze zbyt dużą energią powodując „odbijanie się” flip-flopów, tzn. po przetoczeniu się kulki, flip-flop znalazłby się w położeniu początkowym, energię toczących się kulek należy zmniejszyć. Można to łatwo uzyskać wbijając na ich drodze, a więc w kanale, przed flip-flopem, jedną lub kilku szpilek. Zmuszą one kulkę do ruchu „ślalomowego”, co znakomicie wyhamuje ich prędkość.

Opisana konstrukcja sumatora przewiduje zastosowanie kulek stalowych o \varnothing 8 mm. W razie zastosowania kulek o większej średnicy, wymiary kanałów, flip-flopów oraz zbiorniczka z dozownikiem należy odpowiednio zmienić.

Bożena Czenczer