



GRAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 12 12 83
(21) [PV 9344-83]

(40) Zveřejněno 18 06 84

(45) Vydáno 15 06 87

240206

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.⁴
G 01 D 17/02

(75)

Autor vynálezu

BÁLEK RUDOLF ing. CSc.; HAKR MILOSLAV, PRAHA;
MATĚJKA MARTIN, BENEŠOV u Prahy

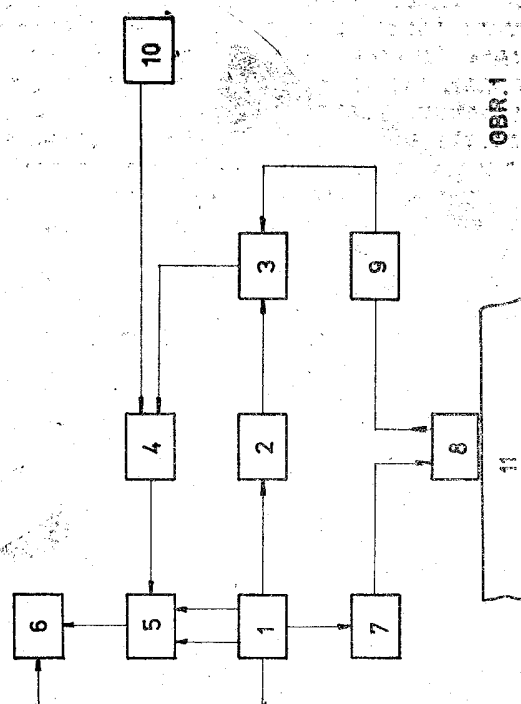
(54) Zapojení pro číslicové měření tloušťek materiálů ultrazvukem

1

Řídicí jednotka ovládá přes vysílací část vybuzení vysílacího měniče dvojité ultrazvukové sondy, jejíž přijímací část přijme signály odražené od konce sondy a konce měřeného materiálu, které jsou použity ke kalibraci a k vytvoření časového okna, ve kterém dochází k čítání kmitočtu syntezátoru, jehož kmitočet je snadno nastavitelný podle rychlosti šíření ultrazvukových vln v měřeném materiálu.

S použitím zapojení lze měřit tloušťky nejrozličnějších materiálů, např. ocel, hliník, mosaz, sklo, voda, špeková vrstva, plasty apod., v nejrozličnějších uspořádáních, např. tloušťky ocelových rour, tloušťky stěn skleněných baněk, výšku hladin nejrozličnějších tekutin atd. Při známé tloušťce měřeného materiálu lze měřit rychlost šíření ultrazvukových vln z údaje nastavených číslicových spínačů právě, když údaj na displeji se shoduje s danou tloušťkou materiálu.

2



Vynález se týká zapojení pro číslicové měření tloušťek materiálů ultrazvukem, sestávající z dvojité ultrazvukové sondy, přijímače, vysílače, vyhodnocovací jednotky a jednotky zobrazovací, přičemž měřené materiály se musí vyznačovat nízkou absorpcí pro ultrazvukové vlnění.

K měření tloušťek různých materiálů jsou používány ultrazvukové tloušťkoměry jedno-sondové či dvousondové pracující na principu odrazové impulsní metody. V uvažovaném typu dvousondového ultrazvukového tloušťkoměru se vyhodnocuje časový interval, jehož počátek je dán okamžikem, kdy ultrazvukový impuls je generován ve vysílací části dvojité ultrazvukové sondy a jehož konec je dán okamžikem příjmu odraženého ultrazvukového impulsu přijímací částí dvojité ultrazvukové sondy. Uvedený časový interval je však součtem tří dílčích časových intervalů. První z nich je dán dobou průchodu ultrazvukového impulsu pracovní vysílací částí dvojité ultrazvukové sondy, druhý je dán dvojnásobkem doby průchodu ultrazvukového impulsu měřeným materiálem a třetí dobou průchodu ultrazvukového impulsu pracovní částí přijímací dvojité ultrazvukové sondy. Pro praktické aplikace je důležité odstranit závislost celkového časového intervalu na jeho první a třetí části. Za tím účelem se pomocí speciálního zpožďovacího obvodu generuje v okamžiku vzniku ultrazvukového impulsu pomocný elektrický obdélníkový impuls, jehož doba trvání je pomocí ovládacího prvku plynule nastavitelná tak, aby byla rovna součtu prvního a třetího dílčího časového intervalu, čímž byla rovna době průchodu ultrazvukového impulsu oběma pracovními částmi dvojité ultrazvukové sondy. Měřená tloušťka materiálu je pak dána dobou mezi sestupnou hranou tohoto impulsu a náběžnou hranou ultrazvukového signálu odraženého od stěny měřeného materiálu. Nevýhodou dosud známých měřičů tloušťek je měření materiálů se stejnou rychlostí šíření ultrazvukových vln. Pro měření tloušťek materiálů s jinou rychlostí, než pro kterou byl přístroj konstruován, vyžaduje zásah do vnitřního zapojení přístroje.

Uvedené nedostatky odstraňuje zapojení pro číslicové měření tloušťek podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že výstup z řídicí jednotky je zaveden do generátoru impulsů, jehož výstup je přiveden k vysílací části dvojité ultrazvukové sondy, jejíž přijímací část je zavedena do přijímače propojeného s J—K klopným obvodem, do něhož je přes zpožďovací obvod zaveden signál z řídicí jednotky, která je zároveň dvojitě propojena s čítačem, do něhož je přes hradlovací obvod zaveden signál ze syntezátoru a J—K klopného obvodu, přičemž výstup z čítače je zaveden do zobrazovací jednotky, do níž je rovněž zaveden výstup řídicí jednotky.

Vyšší účinek vynálezu se projevuje pře-

devším v tom, že umožňuje použití nastavitelné rychlosti šíření ultrazvukových vln v rozsahu od 980 m/s do 6400 m/s při ekonomickém příkonu max. 5 W. Lze měřit tloušťky materiálů od 1 do 200 mm s přesností 0,1 mm.

Vynález je blíže objasněn na přiložených výkresech, kde obr. 1 představuje blokové schéma zapojení podle vynálezu a obr. 2 blokové schéma syntezátoru, obr. 3 podrobné zapojení podle obr. 1, obr. 4 podrobné schéma syntezátoru a obr. 5 časové průběhy, vyznačené v obr. 3. Na obr. 1 je výstup z řídicí jednotky 1 spojen se vstupem do generátoru 7 impulsů jehož výstup je připojen k vysílací části dvojité ultrazvukové sondy 8, která je v kontaktu s vyšetřovaným materiálem 11. Přijímací část ultrazvukové sondy 8 je zavedena do přijímače 9, který je propojen s J—K klopným obvodem 3, do něhož je přes zpožďovací obvod 2 připojena řídicí jednotka 1. Ta je zároveň dvojitě propojena s čítačem 5, do něhož je přes hradlovací obvod 4 připojen syntezátor 10. Do hradlovacího obvodu 4 je dále připojen J—K klopný obvod 3. Výstup z čítače 5 je zaveden do zobrazovací jednotky 6, do které je připojen i výstup z řídicí jednotky 1. Na obr. 2 je syntezátor 10 tvořen třemi oscilátory 12, 13, 14 spojenými s fázovým detektorem 20, který je ještě přes první děličku 21 spojen s krystalovým oscilátorem 22. Předvotitelná dělička 18 je současně propojena s jednotkou předvolby 19, druhou děličkou 17 a připojena k fázovému detektoru 20. Multiplexer 15, ke kterému jsou připojeny tři oscilátory 12, 13, 14 je dále spojen s druhou děličkou 17 a jednotkou 19 předvolby a přes násobič 16 napojen na hradlovací obvod 4.

Funkce zapojení spočívá v tom, že řídicí jednotka 1 spustí generátor 7 impulsů, kterým se vybudí vysílací část dvojité ultrazvukové sondy 8, řídicí jednotka 1 současně ovládá zhasení zobrazovací jednotky 6 při čítání a zároveň budí zpožďovací obvod 2 vytvářející impuls, kterým se eliminuje zpoždění signálu uvnitř dvojité ultrazvukové sondy 8. Kalibrace je provedena využitím odrazu ultrazvukové vlny od tenkého nálitku společného oběma zvukovodům vysílacího a přijímacího měniče dvojité ultrazvukové sondy 8. Sestupnou hranou tohoto impulsu se překlopením JK klopného obvodu 3 otevře hradlovací obvod 4, čímž dojde k čítání impulsů ze syntezátoru 10 čítačem 5. Čítání je zastaveno příchodem odraženého ultrazvukového signálu od stěny materiálu 11 přes přijímač 9, JK klopný obvod 3 do hradlovacího obvodu 4. Po skončení čítání se načítaný údaj zobrazí zobrazovací jednotkou 6, čítač 5 se vynuluje a cyklus se opakuje.

V konkrétním provedení řídicí jednotka 1 obsahuje generátor hodinových impulsů (500 Hz) a dvě děličky deseti. Pomocí těch-

to obvodů se získají impulsy o frekvenci 50 Hz, kterými je ovládána zobrazovací jednotka 6 a impulsy o frekvenci 50 Hz, kterými je ovládána zobrazovací jednotka 6 a impulsy o frekvenci 5 Hz, které ovládají zpoždovací obvod 2 a generátor 7 ultrazvukových impulsů. Zpoždovací obvod 2 pomocí RC článku určuje dobu zpoždění, která je plynule nastavitelná ovládacím prvkem z panelu přístroje. Krátkodobá stabilita tohoto obvodu je v praxi zcela postačující.

Do hodinového vstupu JK klopného obvodu 3 přichází impuls ze zpoždovacího obvodu 2 a do vstupu Ro přichází signál z přijímače 9 obvykle koncepce. Tento obvod otevírá hradlo 4, přes které se čítá frekvence syntezátoru 10. Čítač 5 je tvořen dekadickými čítači. Umožňuje čítat kmitočty desítek MHz. Výstupy čítačů 5 jsou připojeny na převodníky, kterými jsou spínány segmenty displeje v zobrazovací jednotce 6. Protože nejsou použity paměti, je nutno z důvodů zachování informace na displeji blokovat převodníky v průběhu doby čítání. Generátor 7 ultrazvukových impulsů pracuje s vysokým napětím, na které se nabíjí nabíjecí kondenzátor. Při vyslání ultrazvukového impulsu dojde k rychlému vybití tohoto kondenzátoru do vysílací sondy zatížené malým ohmickým odporem, čímž vznikne úzký ultrazvukový impuls. Jako spínač je užít tyristor. Základem syntezátoru 10 je předvolitelná dělička 18, která je schopna pracovat s dělicím poměrem (9999—0001) : 1. Koncepce zapojení podle vynálezu pro měření tlouštěk většiny vyztužujících se materiálů (dáno rozsahem rychlosti šíření ultrazvukových vln) vyžaduje výsledný kmitočet syntezátoru 10 od 5 do 32 MHz. Výsledný kmitočet $f = K \cdot v/2$, kde K je převodní konstanta o velikosti 10^4 a v je rychlost šíření ultrazvukové vlny v měřeném materiálu.

Tento kmitočtový rozsah byl získán tak, že jsou v syntezátoru 10 generovány poloviční kmitočty v pásmu 2,5 až 16 MHz pomocí jednoho ze tří oscilátorů 12 až 14, jejichž výběr je proveden multiplexerem 15 ovládaným jednotkou 19 předvolby. Po získání požadovaného pásma 5 až 32 MHz je signál z multiplexeru 15 zdvojen v násobiči 16. Zároveň je signál z multiplexeru 15 vydělen číslem 5 a přiveden na předvolitelný dělič 18. Výstup z předvolitelného děliče 18 je porovnáván ve fázovém detektoru 20 s referenčním kmitočtem získaným vydělením kmitočtu krystalového oscilátoru 22 a děličkou 2000 — 21.

Výstupem fázového detektoru 20 je stejnosměrné řídicí napětí, kterým se nastaví kmitočet příslušného oscilátoru 12 až 14 tak, aby došlo ke shodě obou kmitočtů přivedených do fázového detektoru 20. Údaj nastavený na spínačích předvolby je číselně roven rychlosti šíření ultrazvukových vln v měřeném materiálu.

Na obr. 3 řídicí jednotka 1 sestává z hodinového generátoru 112 tvořeného třemi invertory, jehož výstup označený 23 a znázorněný průběhem 23 — viz obr. 5, je vstupem pro první děličku 113 pěti a dvěma jejíž výstup označený a znázorněný 25 je spojen s invertorem 114, jehož výstup označený a znázorněný 26 nuluje dekodéry 115 až 117. Oba výstupy první děličky 113 pěti a dvěma označené a znázorněné jako 24, 25, jsou vedeny na vstupy prvního invertovaného hradla 118, jehož výstup označený a znázorněný jako 28 je přiveden na vstup druhé děličky 119 pěti a dvěma a do druhého invertovaného hradla 120. Výstupy děličky 119 označené a znázorněné jako 30 a 29 jsou spolu s průběhem označeným a znázorněným jako 25 zavedeny do třetího invertovaného hradla 121, jehož výstup označený a znázorněný jako 33 je přiveden do derivačního obvodu 122, jehož výstup označený a znázorněný jako 34 je invertován prvním obvodem 123, jehož výstup označený 35 je užít k nulování druhých obvodů 124 tvořeného čtyřmi J—K klopnými obvody zapojenými jako čítač deseti.

Signál v průběhu 35 je dále přiveden do třetího obvodu 125, kde je invertován a jehož výstup označený a znázorněný jako 36 je přiveden na nulovací vstupy desítkových čítačů 126 a 127. Průběhy označené a znázorněné jako 28 a 33 jsou přivedeny na druhé invertované hradlo 120, na jehož výstupu vzniká signál označený a znázorněný jako 37, který je přiveden ke generátoru 7 impulsů a zároveň do zpoždovacího obvodu 2, jehož zpoždění je ovládáno z panelu přístroje. Zpoždovací obvod 2 zpozdí signál opravného 37 a vytvoří na svém výstupu signál zobrazený a znázorněný jako 38, který je veden do nastavovacího vstupu J—K klopného obvodu 3, k jehož druhému vstupu je přiveden detekovaný signál z přijímače 9 označený a znázorněný jako 39. Výstup JK klopného obvodu 3 označený a znázorněný jako 40 otevírá hradlo 4 a propouští signál syntezátoru na výstup hradla 4 označený a znázorněný jako 42, který je veden do čítače 124 deseti tvořeného čtyřmi J—K klopnými obvody, jehož výstupy jsou označeny jako 46 a vedeny do dekodéru 115 a jehož výstup označený 44 je veden do desítkového čítače 126 připojeného spojem 47 k prvnímu čítači 116 a spojem 45 k druhému čítači 127. Údaje z dekodérů 115 až 117 jsou přenášeny k displejům 128 až 130 spoji 49 až 51.

Kmitočet syntezátoru — viz obr. 4 je generován pomocí tří napěťově řízených oscilátorů 131, 132 a 133, z nichž každý je tvořen čtyřmi invertory. Oscilátory jsou pomocí spojů 53, 54 a 55 připojeny k multiplexeru 134, který podle charakteru signálů na spojích 105 a 106 propustí signál pouze jednoho z oscilátorů 131 až 133 na své

výstupy 56 a 57. Spoj 56 přivádí signál do násobiče 133 kmitočtu tvořeného třemi invertory a jedním hradlem, na jehož výstupu označeném 43 je získán signál o dvojnásobném kmitočtu zaváděný do hradlovacího obvodu 4. Druhý výstup multiplexeru 134 je spojen 57 veden na vstup děličky 136 pěti. Výstup děličky 136 pěti je spojen 58 veden na vstup programovatelné děličky tvořené čtyřmi desítkovými čítači 137 až 140, jejichž výstupy jsou spoji 60 až 75 vedeny na obvody 141 až 144 diod, jejichž výstupy 76 až 91 jsou vedeny na vstupy dvou osmivstupových hradel 145 a 146, jejichž výstupy 109 a 108 jsou připojeny na vstupy šestého invertovaného hradla 147, jehož výstup 59 je využit k nařizování čítačů 137 až 140 a ke zpracování ve fázovém detektoru 20. Spoje 76 až 91 jsou uzemňovány přes obvody 148 až 151 odrazů a spoje 92 až 107 číslicovými spínači 152 až 155.

Jako zdroje referenčního kmitočtu je použit krystalový oscilátor 22 tvořený třemi in-

vertory, jehož výstup označený 120 je vydělen děličkou 21 číslem 2000 a veden spojem 111 do fázového detektoru 20 tvořeném dvěma D-klopnými obvody, hradlem, dvěma diodami a jedním tranzistorem. Při odlišnosti kmitočtu a fáze signálů na spojích 111 a 59 vzniká na výstupu 52 fázového detektoru 20 stejnosměrné napětí, které změní kmitočet oscilátorů tak, aby k odlišnosti fáze a kmitočtu těchto signálů nedocházelo.

S použitím zapojení podle vynálezu lze měřit tloušťky nejrůznějších materiálů, například ocel, hliník, mosaz, sklo, voda, mléko, špeková vrstva, plastické hmoty atd. v nejrůznějších uspořádáních, např. tloušťky ocelových rour, tloušťky stěn skleněných baněk, výšku nejrůznějších tekutin atd.

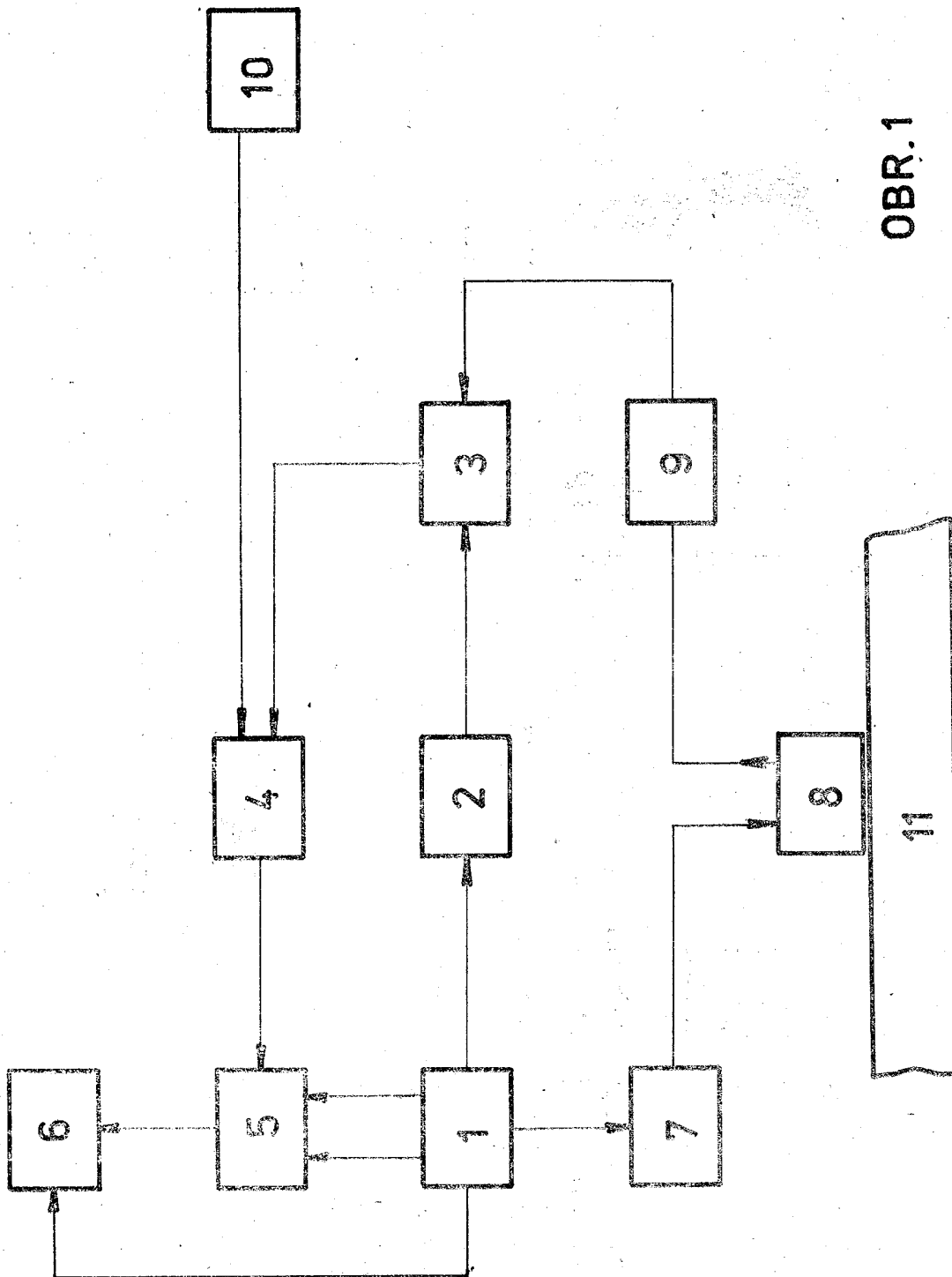
Při známé tloušťce měřeného materiálu lze měřit rychlost šíření ultrazvukových vln z údaje nastavených spínačů jednotky předvolby právě, když údaj udávaný zobrazovací jednotkou se shoduje s danou tloušťkou materiálu.

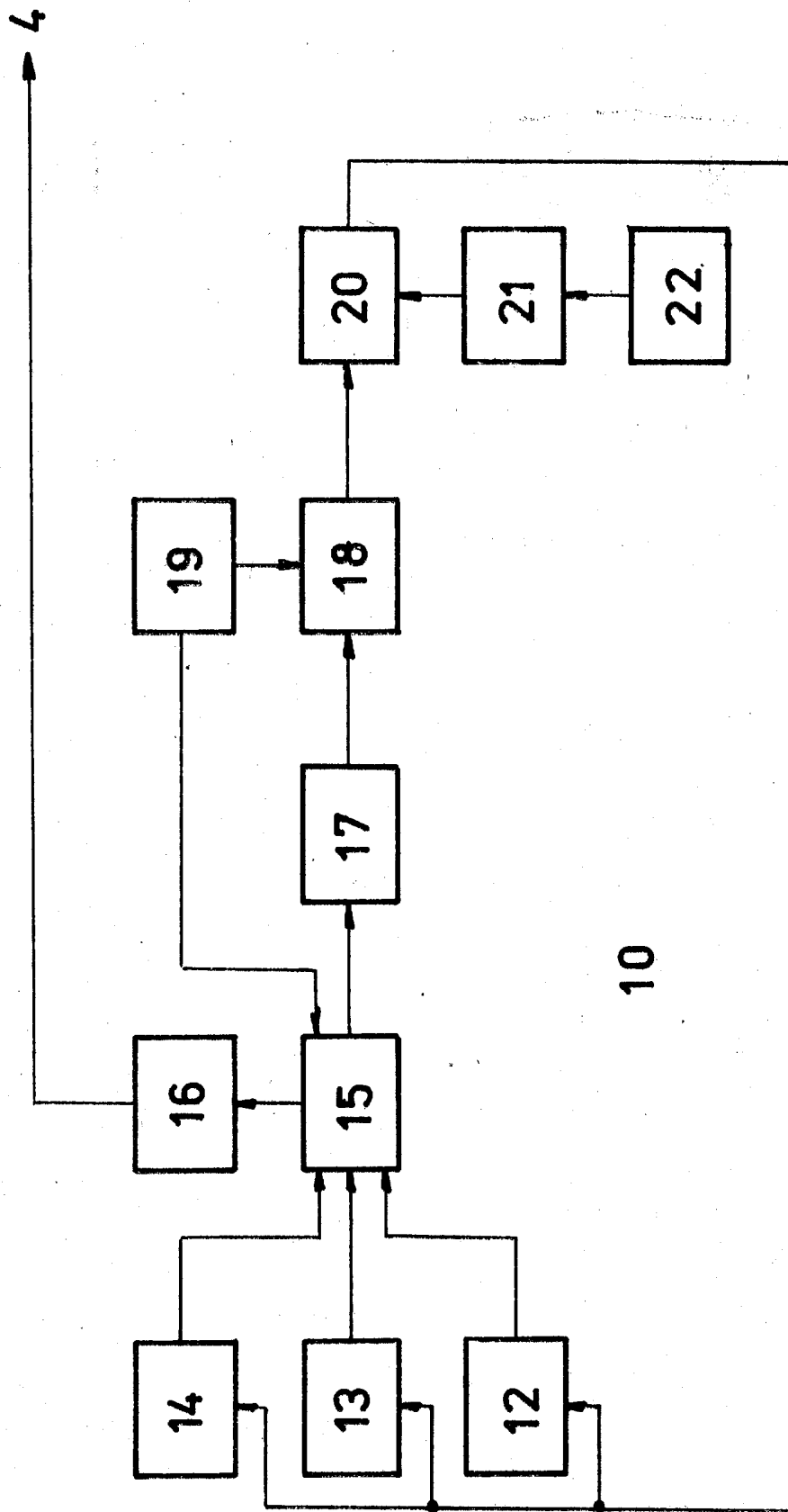
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení pro číslicové měření tlouštěk materiálů ultrazvukem, sestávající z dvojité ultrazvukové sondy, přijímače, vysílače, vyhodnocovací jednotky a jednotky zobrazovací vyznačené tím, že výstup z řídicí jednotky (1) je zaveden do generátoru (7) impulsů, jehož výstup je přiveden k vysílací části dvojité ultrazvukové sondy (8), jejíž přijímací část je zavedena do přijímače (9) propojeného s J—K klopným obvodem (3), do něhož je přes zpožďovací obvod (2) zaveden signál z řídicí jednotky (1), která je zároveň dvojitě propojena s čítačem (5), do něhož je přes hradlovací obvod (4) zaveden signál ze syntezátoru (10) a J—K klopného obvodu (3), přičemž výstup z čí-

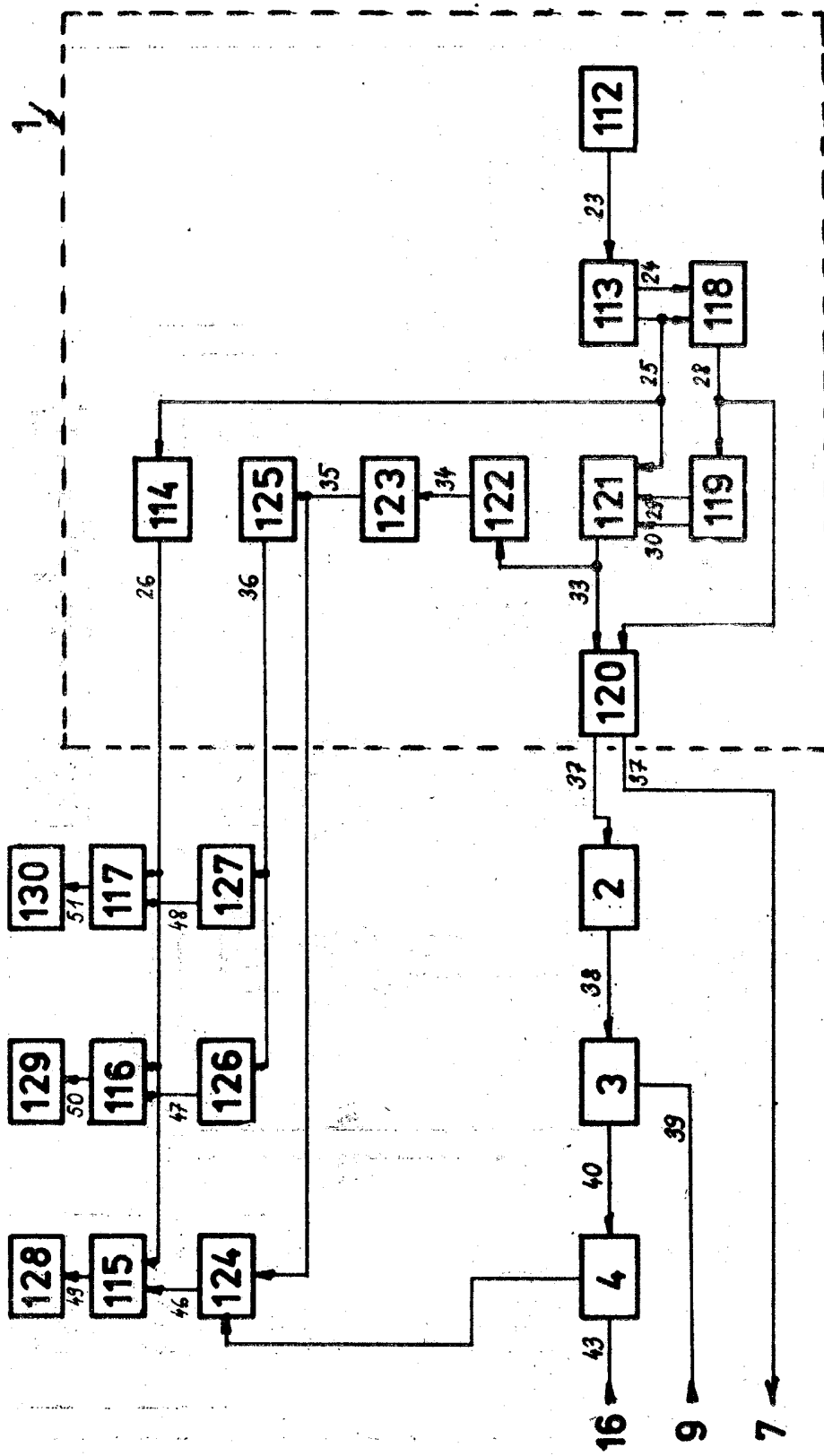
tače (5) je zaveden do zobrazovací jednotky (6), do níž je rovněž zaveden výstup z řídicí jednotky (1).

2. Zapojení podle bodu 1, vyznačené tím, že syntezátor (10) je tvořen třemi oscilátory (12, 13, 14) napětově řízenými fázovým detektorem (20), do něhož je zaveden přes první děličku (21) signál z krystalového oscilátoru (22) a signál z předvolitelné děličky (18) propojené s jednotkou předvolby (19) a druhou děličkou (17) propojené s multiplexerem (15), ke kterému jsou připojeny oscilátory (12, 13, 14) a jednotky (19) předvolby, přičemž výstup multiplexeru (15) je přes násobič (16) napojen na hradlovací obvod (4).

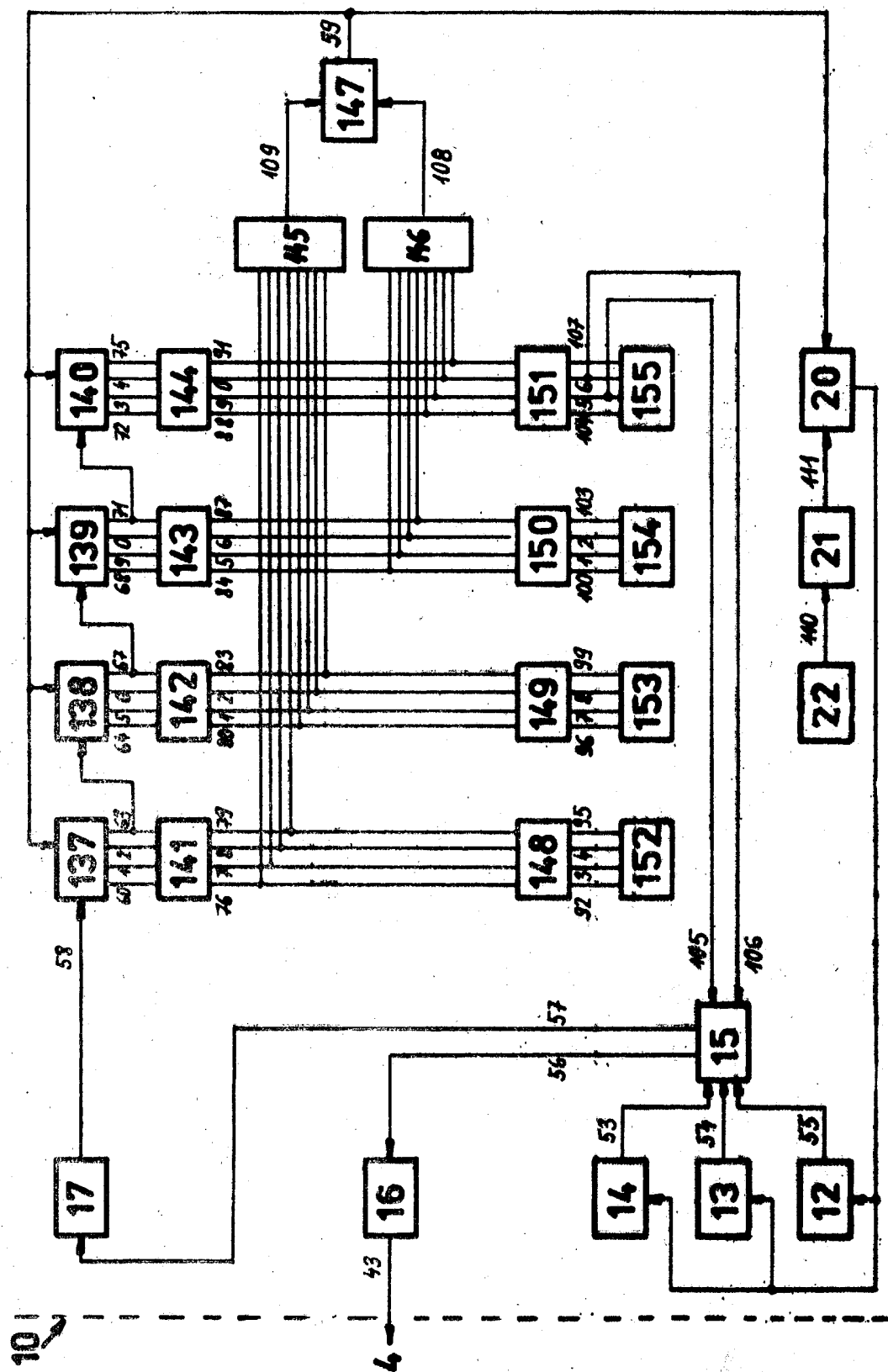


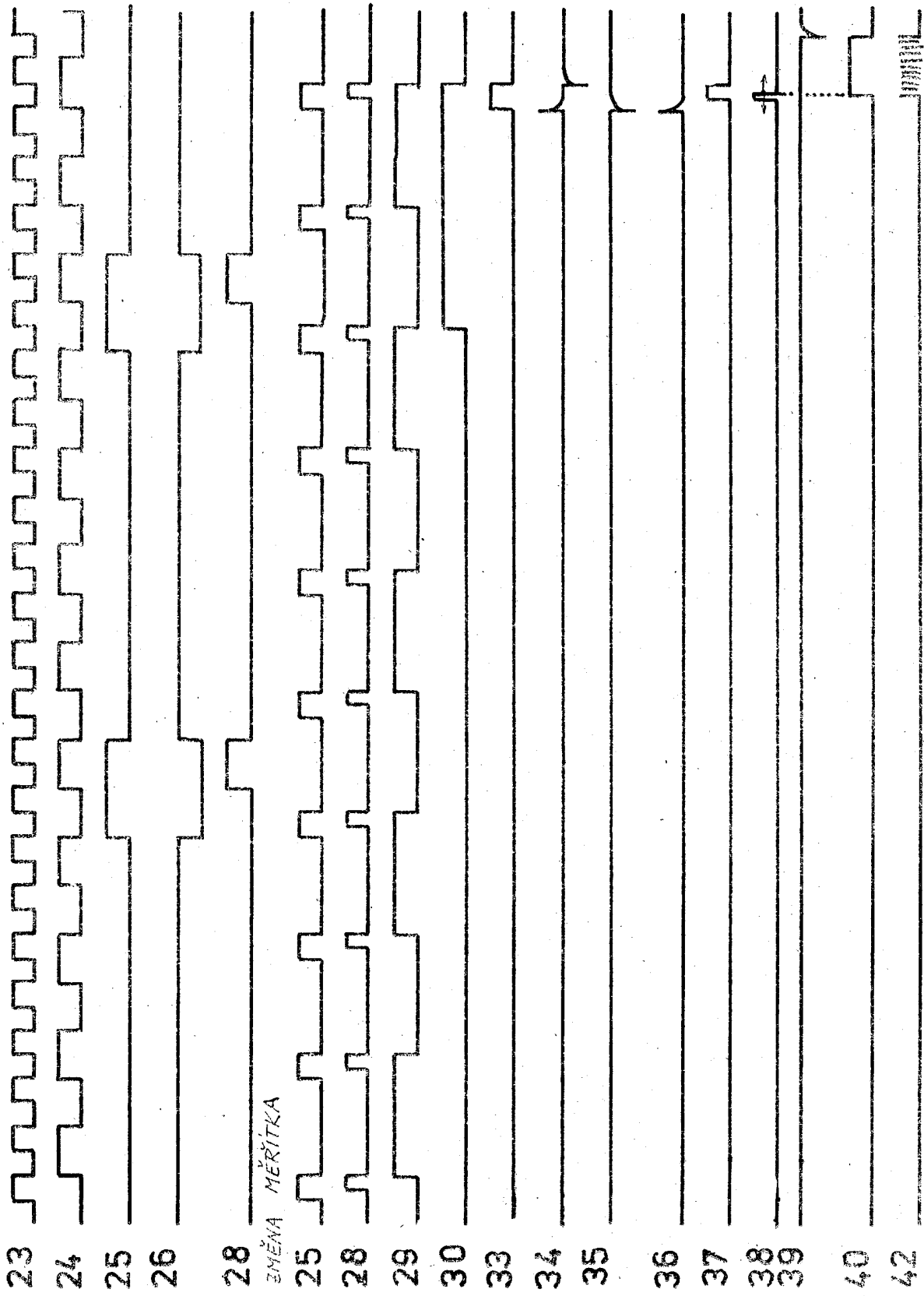


OBR. 2



OBR. 3





OBR. 5