Sekvenční obvody

Sekvenční obvod je takový obvod, u kterého stav na výstupech závisí kromě stavu na vstupech také na jeho předchozím stavu.

Kombinační obvod je takový, u kterého stav na výstupech závisí pouze na stavu na vstupech.

Všechny obvody, které jsme potkali až do dnešní hodiny, jsou kombinační (hradla, multiplexor). Stav na jejich výstupu byl dán pouze a jedině stavem na jejich vstupech. Nyní přicházejí obvody sekvenční, u kterých je stav na výstupech dán také stavem v dřívějším čase. Sekvenční obvod tedy v sobě obsahuje jakousi paměť. Prvním sekvenčním obvodem je **obvod R-S.**

Máme ho na následujícím schématu.



Eagle má americké značení součástek, hradlo ve schématu je 7400, tedy NAND. Dále máme na obrázku dva vstupy, nahoře R\_NEG a dole S\_NEG. Neumím udělat čárku nad písmenem, takže tohle je R s negací a S s negací. Proč se vstupy jmenují zrovna takto, uvidíme později. Obvod má dva výstupy, Q a Q\_NEG. Většinou bývá na Q\_NEG negace toho, co je na Q.

Dále si vyplníte následující tabulku. V tabulce tentokrát **záleží** na čase. Na obvod nejdříve přivedeme řádek 0 , potom řádek 1, později řádek 2, ještě později řádek 3 atd.

Word si stáhněte na svůj počítač a vyplňujte ! Tím myslím: tam, kde jsou v následujícím textu ….. , si doplňte slovní hodnoty !!!!!!!!

Při vyplňování tabulky začněte u hodnoty, která je agresívnější. Hradlo NAND dělá součin s negací . Něco krát 1 je ......... , něco krát 0 je ........... . Takže začneme u hodnoty ................ , protože ta dá na výstupu jednoznačný výsledek, i když nevíme, co bude na druhém vstupu hradla. To zelené ve schématu je drát. Drátem je spojen výstup hradla se stupem jiného hradla. Místa, která jsou spojena drátem, mají stejné napětí proti zemi. To znamená, že také mají stejnou logickou úroveň, L nebo H, 0 nebo 1 . (výkony některých z vás na hodině mě nutí to takto připomínat ) . Začneme tedy u hradla, které má na vstupu tu agresívnější hodnotu. Na výstupu hradla je tedy ....... . Tato hodnota se přenese po zeleném drátu na vstup druhého hradla. Zde již máme hodnoty na obou vstupech jasné, takže na výstupu je ....... .

Tabulku si vyplňte, teprve poté pokračujte v četbě na další stránce ! A přitom ještě jednou zdůrazňuji, že až budete dělat řádek 3 , jsou na výstupech hodnoty z řádku 2 , protože nejdříve se dělá řádek 0, potom 1, potom 2, potom 3 atd atd . Je to sekvenční obvod, **záleží na předchozím stavu.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| číslo řádku | R\_NEG | S\_NEG | Q | Q\_NEG |
| 0 | 0 | 1 |  |  |
| 1 | 1 | 0 |  |  |
| 2 | 1 | 1 |  |  |
| 3 | 0 | 1 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |
| 5 | 1 | 0 |  |  |
| 6 | 0 | 0 |  |  |

Mělo by to vyjít nějak takhle:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| číslo řádku | R\_NEG | S\_NEG | Q | Q\_NEG |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Vidíme, že hodnoty na výstupech v řádku 2 a 4 jsou rozdílné. Na vstupu je přitom vždy stejná hodnota, a to 11 . Když se podíváme na předchozí řádek, vidíme, že pro kombinaci 11 na vstupech si obvod pamatuje svůj předchozí stav.

Činnost obvodu R-S si tedy musíme zapamatovat takto (ne můžeme, musíme, tohle si prostě budete pamatovat)

kombinace 01 na vstupech nastaví 01 na výstupech

kombinace 10 na vstupech nastaví 10 na výstupech

kombinace 11 na vstupech - obvod si pamatuje svůj předchozí stav

Poslední kombinace je 00 – v tom případě je na výstupech 11 . Obvod tedy porušuje dohodu, že na výstupu Q\_NEG je negace toho, co je na vstupu Q . Tento stav se nazývá „hazardní stav“ a mezi studenty panuje pověra, že „tento stav se na vstupy nesmí přivést“ a že „nevíme, co bude na výstupech“ . Nic z toho není pravda . Přesvědčíme se o tom v následující tabulce, kterou si opět vyplníte:

V tabulce zase následují řádky časově po sobě, takže nejdříve přivádíme na vstupy hodnotu 00 v řádku 0 , potom 10 v řádku 1 , ..... , úplně nakonec 11 v řádku 7 . V řádku 5 začněte svou úvahu od horního hradla, v řádku 7 začněte svou úvahu od dolního hradla. Jinak se totiž zdá, že přechod mezi řádky 4-5 a 6-7 je totéž. Ale tím, že jednou začínáme u dolního hradla a podruhé u horního, nasimulujeme to, že jedno z hradel je rychlejší.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| číslo řádku | R\_NEG | S\_NEG | Q | Q\_NEG |
| 0 | 0 | 0 |  |  |
| 1 | 1 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 0 |  |  |
| 3 | 0 | 1 |  |  |
| 4 | 0 | 0 |  |  |
| 5 | 1 | 1 |  |  |
| 6 | 0 | 0 |  |  |
| 7 | 1 | 1 |  |  |
|  |  |  |  |  |

No a z tabulky vidíme, že pro hazardní stav pověra „nevíme, co bude na výstupech“ neplatí – na výstupech je krásná 11 , takže víme, co bude na výstupech. Pověra „tento stav se na vstupy nesmí přivést“ také neplatí – na vstupy jsme 00 přivedli, a něco to dělá.

Jediný problém tedy je přechod mezi stavem 00 na vstupech a 11 na vstupech.

11 znamená „pamatuj si svůj předchozí stav“ . Ale my vidíme, že nám na výstupu jednou vyšlo 01 a podruhé 10 , tedy jenom při tomto přechodu není výstup jistý. A i tady bychom věděli – vyhrává to hradlo, které je rychlejší.

**Tabulka obvodu R-S**

Činnost sekvenčního obvodu se často popisuje tabulkou.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R\_NEG | S\_NEG | Q | Q\_NEG |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | Q-1 | Q\_NEG-1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
|  |  |  |  |

V tabulce je předpokládám téměř vše jasné: když přivedeme na vstupy R\_NEG a S\_NEG kombinaci 01 , je na výstup Q hodnota 0 atd. Jediná novinka je Q-1 Q s dolním indexem -1: to znamená předchozí stav na Q , tedy ta hodnota, která byla na Q před tím, než jsme přivedli hodnotu 11 na vstupy. V naší tabulce je ve sloupci Q hodnota Q-1 , to tedy znamená: na Q je ta hodnota, která tam byla předtím , tedy , stav na výstupu Q se nemění. Analogicky je to u Q\_NEG . Rozepsal jsem to takto důkladně proto, že toto označení budeme nadále často používat. Tabulku se samozřejmě naučte - vlastně: pochopte, jak funguje obvod R-S. Potom napíšete tu tabulku kdykoli.

**Označování vývodů**

Proč se vývody jmenují R a S ? Je to zkratka ze slov „Reset“ a „Set“ . A nyní zásadní věc: vývod dělá to, co říká jeho název. Naučit nazpaměť ! A hlavně pochopit ! Pokud je vývod bez negace, je „aktivní v log. 1“ . Pokud je vývod s negací, je „aktivní v log.0“ Je-li vývod aktivní, dělá to , co říká jeho název. Pokud vývod není aktivní, NEDĚLÁ to, co říká jeho název. A tady pozor ! **Neznamená to, že dělá opak !!!!!!** Jenom nedělá to, co říká jeho název .

Mějme například vstup s názvem ZAVRI\_DVERE . Vstup je aktivní v 1 , to znamená, že při přivedení log. 1 zavírá dveře. Při přivedení log. 0 nedělá „zavři dveře“ . To ale neznamená, že dveře otvírá ! Nechá je prostě v tom stavu, jak dveře jsou.

Zkusme si vyplnit tabulku :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ZAVRI\_DVERE | OTEVRI\_DVERE\_NEG |  |  |
| 0 | 0 |  |  |
| 0 | 1 |  |  |
| 1 | 0 |  |  |
| 1 | 1 |  |  |

V jednom řádku zůstávají dveře tak, jak právě jsou. Naše tabulka má také hazardní stav, to je kombinace, kdy se snažíme současně zavřít dveře i otevřít dveře. Je to stav ....... na vstupech.

Nyní zpět k obvodu R-S. Akce vstupů se vztahují k výstupu Q, výstup Q\_NEG se nastavuje podle Q - s negací.

R znamená: RESET – vynuluj. Tedy nastav do 0 výstup Q.

S znamená : SET – nastav do 1 , samozřejmě výstup Q

A protože u našeho obvodu jsou oba vstupy s negací, jsou aktivní v 0 , tedy dělají set nebo reset tehdy, když na ně přivedeme log. 0

A nyní už je jasné, proč stav 00 na vstupech je hazardní . Chceme po obvodu, aby současně nastavil na výstupu Q hodnotu 1 i hodnotu 0 . Takže obvod se chová nějak divně – u nás tak, že dává na oba výstupy 11.

Stav 11 na vstupech znamená, že nedělá reset a nedělá set, tedy zůstane v tom stavu, ve kterém právě je.

**Použití obvodu R-S**

Obvod R-S se často používá k odstranění zákmitů kontaktů.

Kontakt – to jsou dva dráty, které jsou buď spojeny, nebo ne . Podle toho je kontakt sepnut (může jím procházet proud) nebo rozepnut (nemůže jím procházet proud) . Projděte si např. odkazy na <https://www.gme.cz/mikrospinace> , abyste měli představu, co to kontakt je.

Takže ještě jednou: někde uvnitř zařízení jsou dva dráty, a ty se spolu stýkají (kontakt sepnut) nebo nestýkají (kontakt rozepnut) . Když zmáčkneme na čudlík, tak kontakt přejde ze stavu „rozepnut“ do stavu „sepnut“ nebo naopak. Ale on je to drát s pružinkou, takže při přechodu několikrát sepne a rozepne. A tomu se říká „zakmitávání kontaktů“ . To je velmi nepříjemné, protože při jednom sepnutí nebude na výstupu přechod 0-1 , ale kontakt udělá těch přechodů několik 0-1-0-1-0-1 . Takže místo jednoho impulzu máme impulzů několik.

Než se pustíme do vlastního odstranění zákmitů pomocí obvodu R-S, musíme udělat malou odbočku, a tou je Pull-up rezistor.

**Pull-Up a Pull-Down rezistory**

Pull-up rezistory (a duálně k nim pull-down) jsou užitečné v případě, že na nějaký vstup připojíme kontakt proti zemi, tedy obyčejné tlačítko. Tlačítko má dvě možné polohy: kontakt sepnut – v tom případě je vstup zkratován se zemí a je na něm log. 0. Kontakt rozepnut – **v tom případě není vstup obvodu spojen s ničím a je na něm náhodná hodnota**. Náhodná hodnota se odstraní velmi jednoduše tak, že pin připojíme přes vhodný odpor na +5V. V tom případě máme při rozepnutém tlačítku na pinu +5V přes odpor, při sepnutém tlačítku 0 V přes sepnutý kontakt.

Samozřejmě, totéž je možno udělat i obráceně – tlačítko je proti +5V, a rezistor vede na GND. v tom případě se rezistor nazývá Pull-down rezistor.

Schéma pro odstranění zákmitů kontaktů máme na následujícím obrázku.



R1 a R2 jsou Pull-up rezistory , TL32PO je přepínací kontakt. To znamená, že v jedné poloze je sepnut pin 2-1 (nakresleno) , pokud kontakt přeložíme, je sepnut pin 2-3 . Tak, jak vidíme kontakt na schématu, je na R\_NEG logická 0 , na S\_NEG logická 1 .

Když kontakt přepíná, vypadá situace nějak následovně: 2-1 se rozpojí, ale kontakt se ještě nedotknul pinu 3. Je tedy „ve vzduchu“ . Pak se třeba na chvilku vrátí na pin 1, tedy je spojeno 1-2. Pak je opět chvíli ve vzduchu, pak se dotkne pinu 3 , tedy je spojeno 2-3 , pak odskočí, takže je opět „ve vzduchu“ , dotkne se pinu 3 , opět odskočí, a nakonec spočine na pinu 3 již definitivně. Vidíme, že takovéto přepínání je pro naše obvody zcela nepoužitelné.

Pohyb kontaktu máte zachycen v následující tabulce, pokud chcete, máte ji i v \*.xlsx formátu pro možnost snadných úprav. Dodělejte si do ní zbylé hodnoty. Pak porovnejte řádek R\_NEG , S\_NEG s řádkem Q. Vidíme, že zatímco hodnoty v prvních dvou řádcích chaoticky skáčou, hodnota v řádku Q udělá krásné přepnutí tam a zpátky .



A to je pro tuto hodinu všechno.