

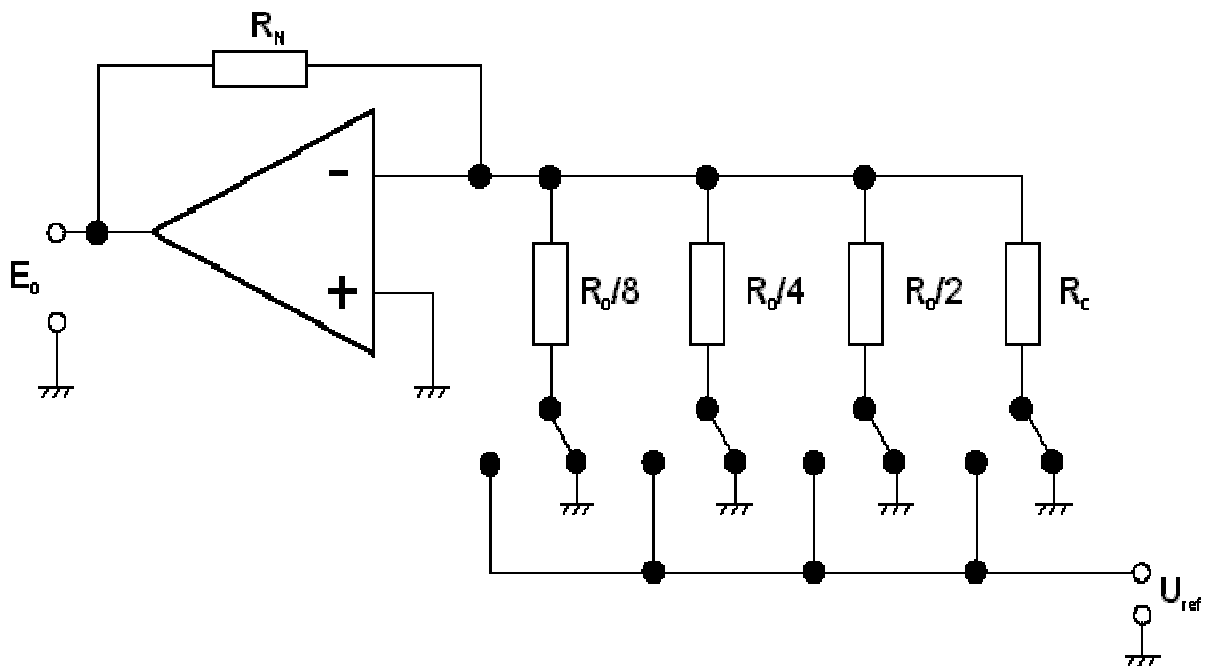
Převodníky analogových a číslicových signálů

Převodníky umožňující transformaci číslicově vyjádřené informace na analogové napětí a naopak zaujímají v řídicím systému klíčové postavení. Značná část měřených veličin bývá obvykle zaznamenána ve formě časově spojitého průběhu analogového napětí a do číslicové formy se musí převést pomocí převodníku. Převodníky tedy umožňují propojení mezi analogovou a číslicovou částí řídicího systému. Přesnost a rychlost převodu použitých převodníků je jedním z hlavních faktorů určujících použitelnost a kvalitu celého řídicího systému.

1. Číslicově analogový převodník

Číslicově analogové převodníky neboli převodníky číslo-napětí (zkráceně převodník Č/N nebo D/A) zabezpečují transformaci informace vyjádřené v číslicové formě na analogové napětí. U D/A převodníku využíváme vlastnosti operačního zesilovače u kterého je zesílení prakticky určeno zpětnou vazbou. Principiální zapojení čtyřbitového převodníku je na obr.1.1

Zapojení je upraveno tak, aby odpor sítě byl nezávislý na vstupním čísle. Vstupní binární číslo(slovo) realizováno pomocí přepínačů.



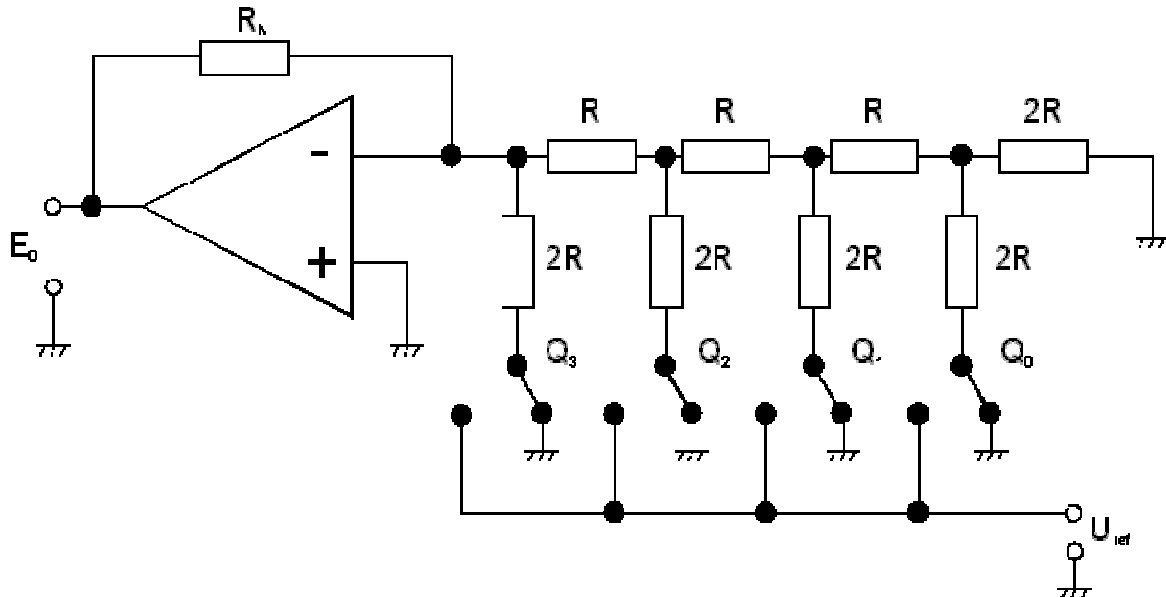
Obr. 1.1 Principiální zapojení čtyřbitového D/A převodníku

V zapojení na obr. 1.1 jsou jednotlivé větve sítě připojeny buď na zem nebo na zdroj napětí U_{ref} . Pak za předpokladu, že vnitřní odpor zdroje U_{ref} R_g je zanedbatelný je odpor sítě R_i .

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_0} + \frac{2}{R_0} + \frac{4}{R_0} + \frac{8}{R_0} = \frac{15}{R_0} \quad R_i = \frac{R_0}{15}$$

D/A převodníky

V uvedeném zapojení ke každému bitu s různou vahou přísluší jiná velikost odporů v síti. Tato skutečnost je na závadu zejména pro převodníky vyrobené v integrované monolitické formě. Z tohoto důvodu bylo vyvinuto zapojení využívající odporu jedné velikosti. Principiální zapojení je na obr. 1.2.



Obr. 1.2 Upravené zapojení A/D převodníku s odpory jedné velikosti

Pro výstupní napětí platí vztah

$$E_0 = -\frac{R_N}{R_0} \left(Q_3 + \frac{1}{2}Q_2 + \frac{1}{4}Q_1 + \frac{1}{8}Q_0 \right) \quad \text{kde} \quad R_0 = 2R \quad Q_3 = \text{MSB}, \quad Q_0 = \text{LSB}$$

MSB – nejvyšší významový bit v našem případě vyjádřený indexem 2^3

LSB – nejnižší významový bit vyjádřený indexem 2^0

v uvedeném výrazu předpokládáme $U_{\text{ref}} = 5V$. Sepnutím jednotlivých spínačů Q_0 až Q_3 připojíme do váhové sítě referenční napětí U_{ref} odpovídající bitovému vyjádření příslušného vzorku. Výstupní napětí E_0 závisí na hodnotě vstupního binárního slova.

př. Binární vzorek má hodnotu a) 0 0 0 1

b) 0 0 1 0

potom $E_0 = -\frac{16k\Omega}{10k\Omega} \frac{1}{8} 5V = -1V$

$E_0 = -\frac{16k\Omega}{10k\Omega} \frac{1}{4} 5V = -2V$

c) 0 1 0 0

d) 1 0 0 0

$E_0 = -\frac{16k\Omega}{10k\Omega} \frac{1}{2} 5V = -4V$

$E_0 = \frac{16k\Omega}{10k\Omega} 5V = -8V$

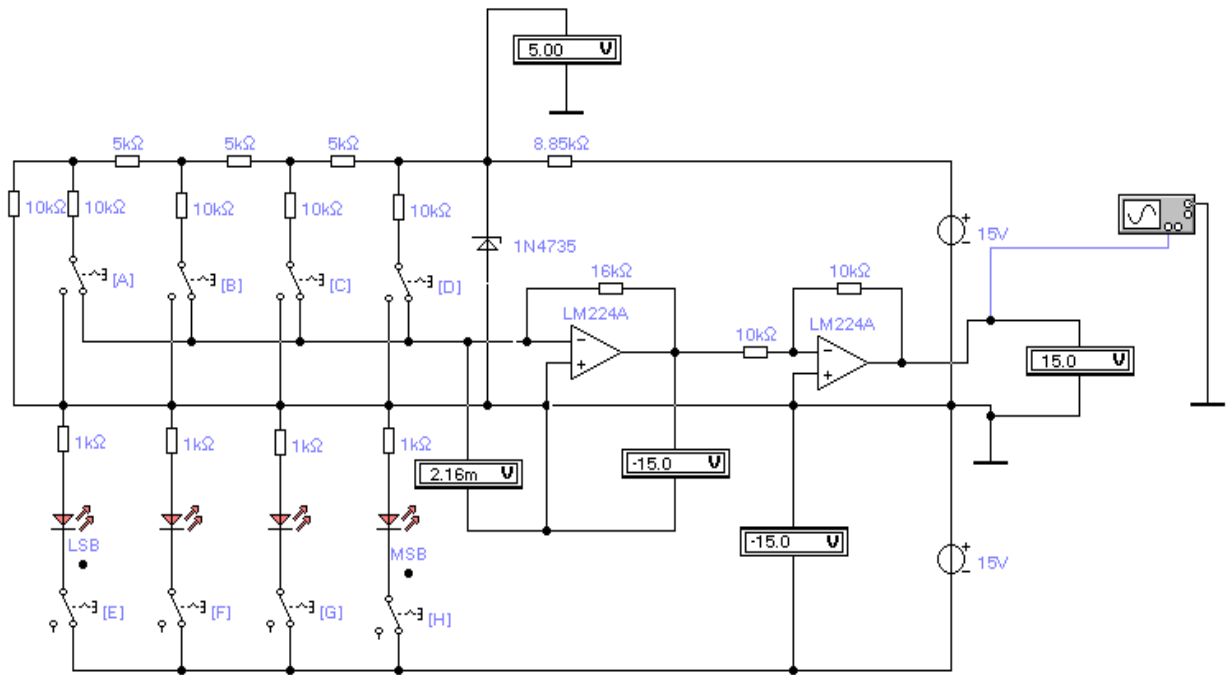
v zadané úloze předpokládáme $Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 5V$

D/A převodníky

Na obr.1.3 je simulace čtyřbitového DA převodníku v programu Electronics Wokbench s výstupem na dvojitý zesilovač s operačními zesilovači LM224A. Zesílení prvního operačního zesilovače v invertujícím zapojení je dáno poměrem zpětnovazebního rezistoru $R_N = 16\text{ k}\Omega$ ke vstupnímu odporu R_0 jehož hodnota je stále $10\text{ k}\Omega$. Je-li vstupní napětí $0,625\text{ V}$, potom výstupní napětí E_0

$$E_0 = -\frac{R_N}{R_0} \cdot 0,625 = -\frac{16\text{ k}\Omega}{10\text{ k}\Omega} 0,625 = -1\text{ V}$$

Změna polarity výstupního napětí je zajištěna zapojením dalšího invertujícího zesilovače s přenosem -1 .



obr.1.3 Schéma zapojení D/A převodníku v simulaci převodu binárního slova $(1111)_b$

V další části popisu funkce D/A převodníků si ukážeme zobrazení-převod stavů pro převod jednotlivých bitů čtyřbitového binárního slova. V předchozím textu jsme si matematicky dokázali převody binárního slova na napětí. Ve všech případech mimo vzorku a) dochází k velmi přesnému převodu, pouze u nejnižšího významového bitu LSB, má výstupní napětí E_0 hodnotu 997 mV .

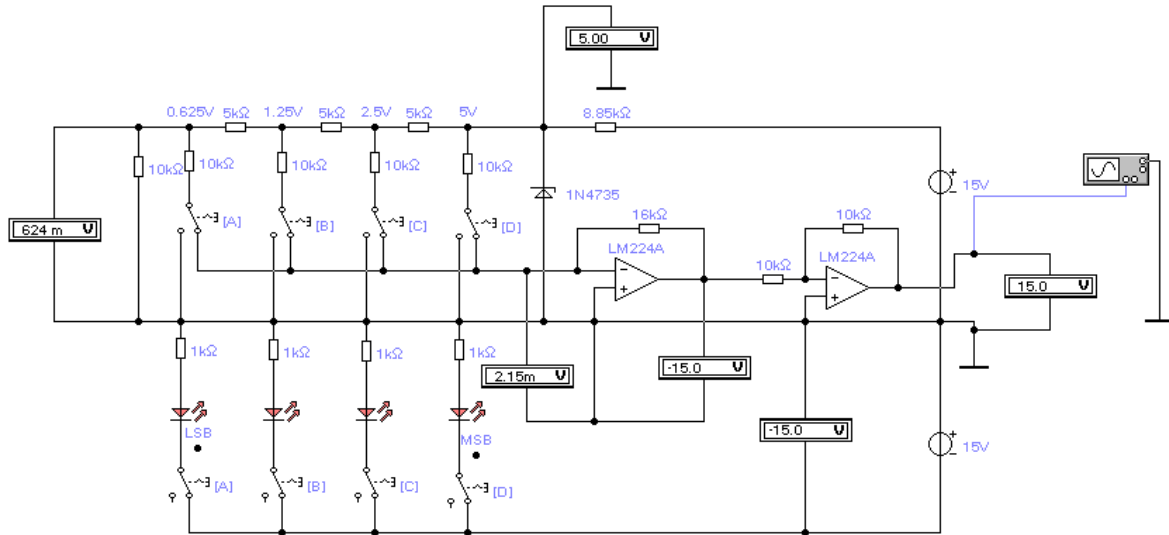
Na obr.1.4 vidíme rozdělení referenčního napětí na jednotlivé váhové odpory sítě, při simulaci převodu binárního slova $(1111)_b$ na napětí. Výstupní napětí E_0 má hodnotu 15 V

D/A převodníky

což odpovídá stavu sepnutí všech spínačů. Převod binárního slova $(1\ 1\ 1\ 1)_b$ na dekadické vyjádření

$$1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 8 + 4 + 2 + 1 = 15$$

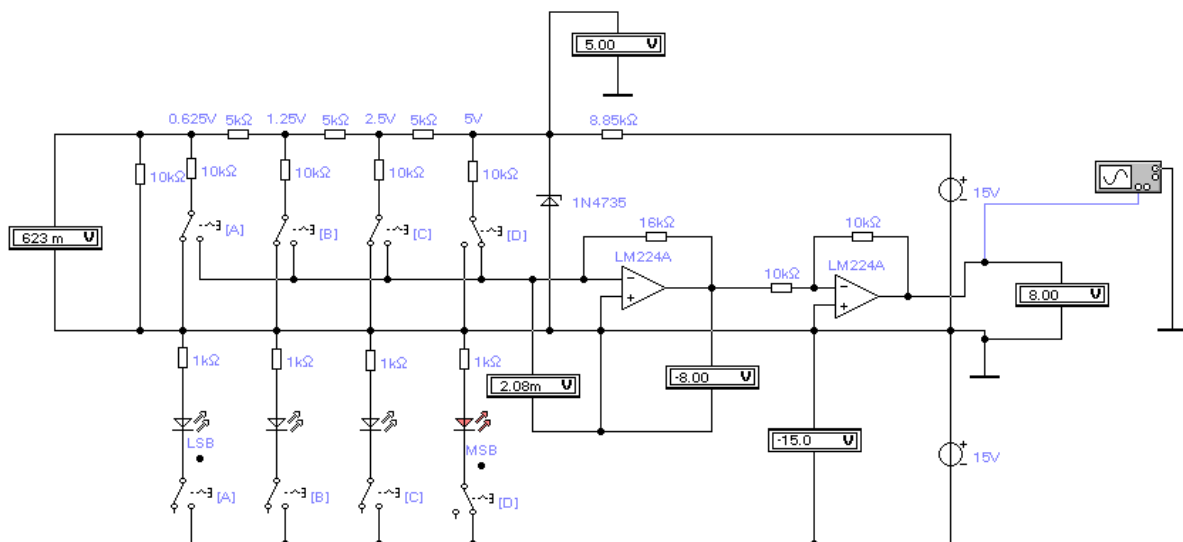
Jsou sepnuty spínače $A = Q_0$, $B = Q_1$, $C = Q_2$, $D = Q_3$



obr.1.4 Schéma zapojení D/A převodníku v simulaci převodu binárního slova $(1\ 1\ 1\ 1)_b$

Na obr.1.5 vidíme rozdělení referenčního napětí na jednotlivé váhové odpory sítě, při simulaci převodu binárního slova $(1\ 0\ 0\ 0)_b$ na napětí. Přiřazení hodnoty nejvyššímu významovému bitu Q_3 odpovídá napětí výstupu **8V dle $2^3 = 8$** . Je sepnutý spínač

$$D = Q_3$$

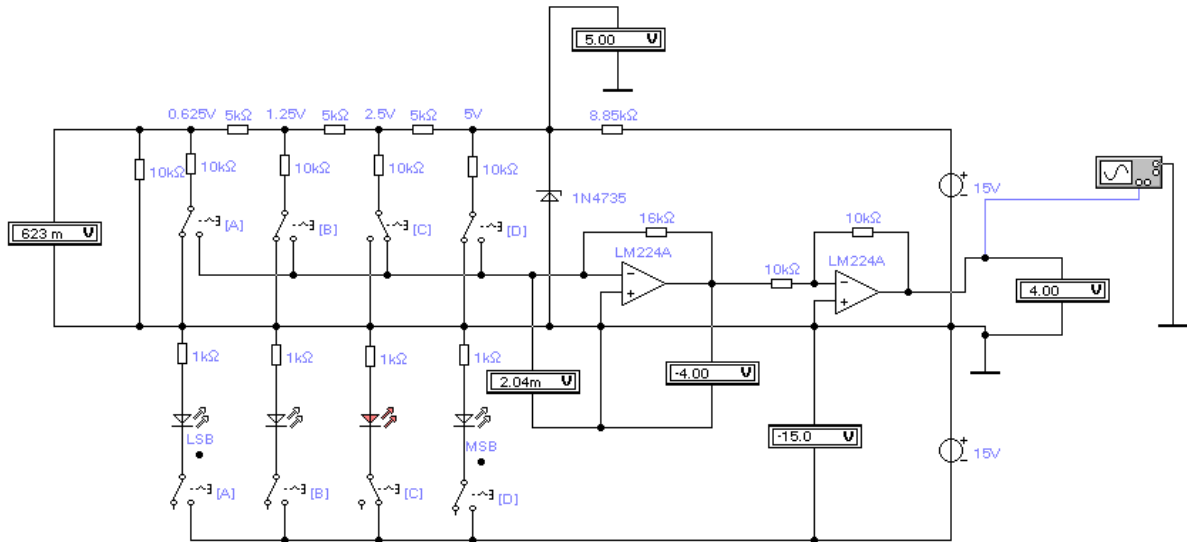


obr.1.5 Schéma zapojení D/A převodníku v simulaci převodu binárního slova $(1\ 0\ 0\ 0)_b$

D/A převodníky

Na obr.1.6 vidíme rozdělení referenčního napětí na jednotlivé váhové odpory sítě, při simulaci převodu binárního slova $(0\ 1\ 0\ 0)_b$ na napětí. Přiřazení hodnoty druhému nejvyššímu významovému bitu Q_2 odpovídá napětí výstupu **4V dle $2^2 = 4$** . Je sepnutý spínač

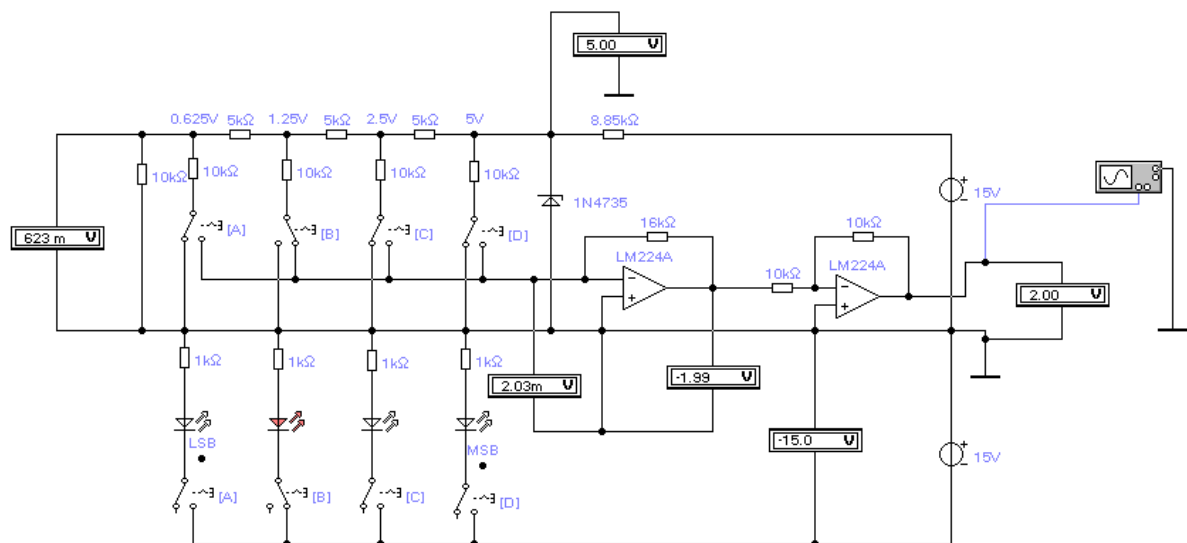
$$C = Q_2$$



obr.1.6 Schéma zapojení D/A převodníku v simulaci převodu binárního slova $(0\ 1\ 0\ 0)_b$

Na obr.1.7 vidíme rozdělení referenčního napětí na jednotlivé váhové odpory sítě, při simulaci převodu binárního slova $(0\ 0\ 1\ 0)_b$ na napětí. Přiřazení hodnoty třetímu nejvyššímu významovému bitu Q_1 odpovídá napětí výstupu **2V dle $2^1 = 2$** . Je sepnutý spínač

$$B = Q_1$$

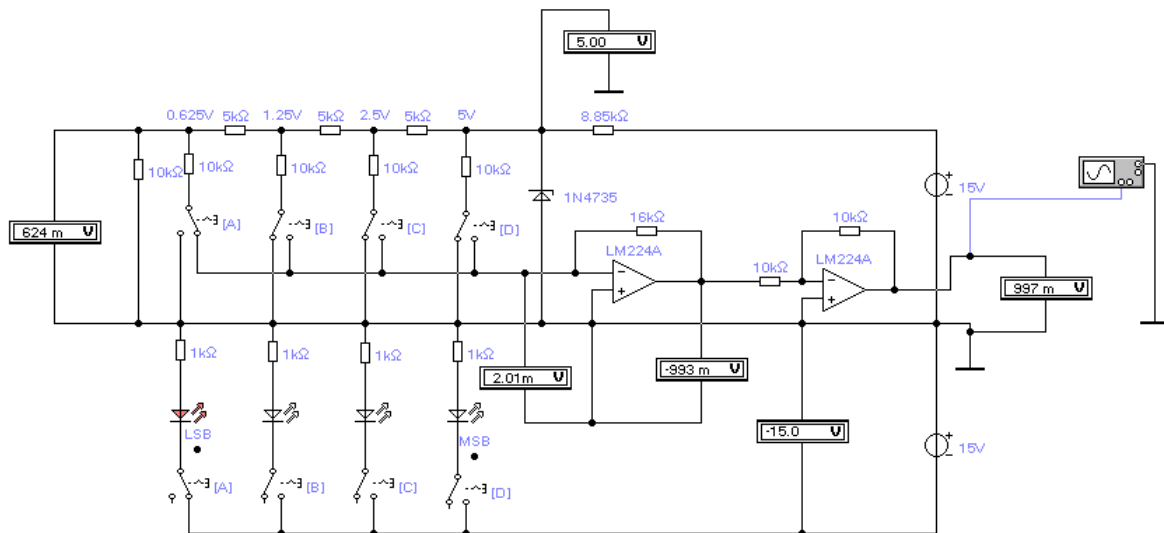


obr.1.7 Schéma zapojení D/A převodníku v simulaci převodu binárního slova $(0\ 0\ 1\ 0)_b$

D/A převodníky

Na obr.1.8 vidíme rozdělení referenčního napětí na jednotlivé váhové odpory sítě, při simulaci převodu binárního slova $(0001)_b$ na napětí. Přiřazení hodnoty nejnižšímu významovému bitu Q_0 (LSB) odpovídá napětí výstupu **1V dle $2^0 = 1$** . Je sepnutý spínač

$$A = Q_0$$



obr.1.8 Schéma zapojení D/A převodníku v simulaci převodu binárního slova $(0001)_b$