



PLC a jeho vyvoj



Obsah

1	PLC	2
1.1	Simatic S7-1500	2
1.2	Moduly PLC Simatic S7-1500	2
1.2.1	Procesor (CPU)	2
1.2.2	PM (Power Modul)	3
1.2.3	CM	3
1.2.4	DI	3
1.2.5	DO	3
1.2.6	AI a AO	3
1.2.7	IM	3
1.2.8	PS	3
1.2.9	TM	4
1.3	Programové bloky	4
1.4	Programovací jazyky	5
1.4.1	STL (Statement List)	5
1.4.2	SCL (Structured Control Language)	5
1.4.3	LAD (Ladder Diagram)	7
1.4.4	GRAPH	7
1.4.5	FBD (Function Block Diagram)	10
2	Vývoj PLC	10
2.1	Vznik prvních automatů	10
2.2	První počítač	11
2.3	První průmyslová automatizace v USA	11
2.4	Průmyslová automatizace v Evropě	14
3	Zdroje	17
4	Zdroje obrázků	17

1 PLC

Zkratka PLC pochází z anglického Programmable Logic Controller. V češtině se setkáváme s označením programovatelný logický automat. PLC je miniaturní průmyslový počítač vybavený potřebným softwarem a hardwarem, který je potřebný pro vykonávání potřebných funkcí. PLC zajišťují chod výrobních linek a ovládání strojů. Nyní se můžeme setkat s PLC i v jiných výrobních odvětvích. PLC umožňuje automatizaci například v energetice, komunikační infrastrukturu, bezpečnosti, zdravotnictví - lékařské péči, výrobě atd. V dalším popisu použiji jako příklad modulární a univerzální PLC Simatic S7-1500, který nahrazuje starší modely podle plánu od roku 2013 až do roku 2035. Programovatelný pomocí programu TIA PORTAL (Totally Integrated Automation) verze 13 (kterou jsem využívala na škole) nebo pomocí staršího programu STEP7.

1.1 Simatic S7-1500

Obsahuje CPU, zdroj a další moduly (maximální počet modulů je 30). CPU je mikroprocesor, který spouští řídicí procesy. Jednotka načte ze vstupních modulů data a na jejich základě vyšle příkazy k výstupním modulům. IT funkce Simatic S7-1500 je webserver (umožňuje CPU vytvořit webové rozhraní), rozhraní s druhou IP adresou, integrovaný PID regulátor se snadno nastavitelnými funkčními bloky (optimální hodnoty se nastavují samy), integrovatelný systém pro diagnostiku a ProDiah pro diagnostiku strojů a zařízení.

1.2 Moduly PLC Simatic S7-1500

1.2.1 Procesor (CPU)

Procesor může být různé řady např. 1511, 1513, 1515, 1516, Procesor obsahuje displej a slot pro paměťovou kartu. Používá se decentrální přes slave komunikaci. Umožňuje zálohování dat, jeho pracovní frekvence je 100MHz a má 10ns rychlost jedné instrukce. Procesor většinou obsahuje 5 MB pracovní paměti pro data, 1MB paměti pro program, ethernet (port RJ45), profinet 100Mb (2x port RJ45 switch), Profibus Master a 10ns bitové operace. Pro provoz je nutná Simatic MEmory Card (systém FAT 32), přenáší projekt na kartu ve standární čtečce, zajišťuje uchování dat pro vypnutí CPU a používá

se jako ochrana proti kopírování programu.

1.2.2 PM (Power Modul)

Tento modul zajišťuje napájení modulů.

1.2.3 CM

Tento modul slouží pro komunikaci.

1.2.4 DI

Tento modul slouží pro digitální vstupy. Využívají se pro diagnostiku zkratu a přerušení vodiče pro jednotlivé kanály neboli monitoring napětí. Sleduje také hardwarové přerušení pro jednotlivé kanály.

1.2.5 DO

Tento modul obsahuje digitální výstupy a jako minulý modul dělá diagnostiku zkratu pro jednotlivé kanály. Obsahuje definice náhradních hodnot pro každý kanál.

1.2.6 AI a AO

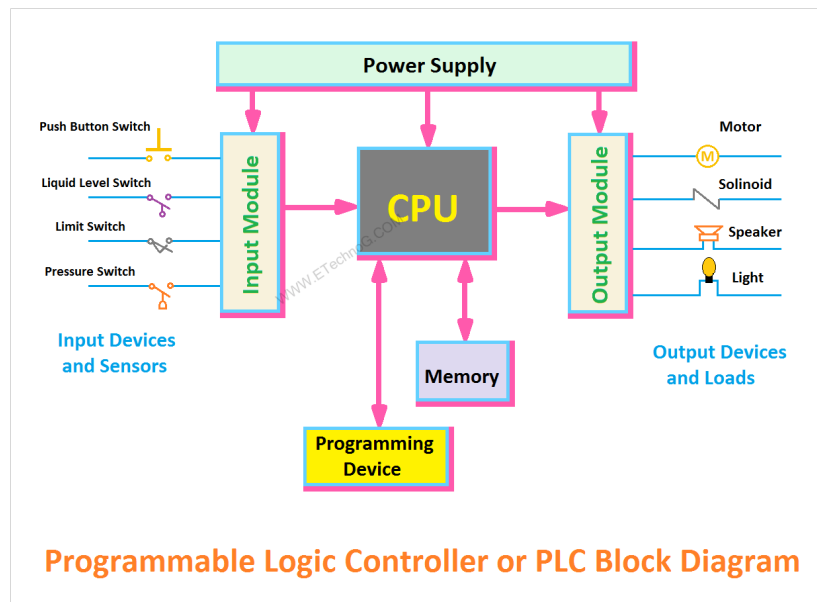
V modulu AI jsou zabudované analogové vstupy pro každý kanál a v modulu AO jsou zabudované analogové výstupy.

1.2.7 IM

IM modul umožňuje komunikaci pomocí standartu Profinet a zajišťuje komunikaci s nadřazeným PLC nebo PC.

1.2.8 PS

PS je napájecí zdroj za pomoci systémové sběrnice, který je připojen přes U-konektory.



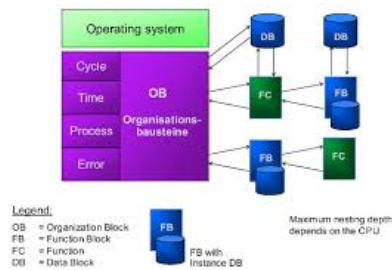
Obrázek 1: schéma modulů PLC Simatic S7-150

1.2.9 TM

Technologický modul obsahuje čítací moduly, měření (frekvence, rychlosti, periody), časové oduly, polohovací moduly a moduly krokových motorů.

1.3 Programové bloky

CPU si rezervuje paměťovou oblast pro uložení všech signálů. Bloky máme rozdělené na organizační bloky, funkční bloky, datové bloky a funkce. Organizační bloky vytvářejí rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem. V Operačním bloku může být uložen celý program, který je cyklicky volán operačním systémem nebo může být distribuován přes několik bloků. Funkční bloky nabízí stejné možnosti jako funkce, ale také jsou vybaveny vlastními paměťovými oblastmi ve formě instalačních bloků. Datové bloky jsou datové oblasti uživatelského programu. Funkce obsahují podfunkce programu.



Obrázek 2: Schéma programových bloků

1.4 Programovací jazyky

PLC lze programovat pod označením standardu IEC 61131-3 pod kterým se skrývá definice programovacích režimů (jazyků) pro PLC. Tento soubor je více známý pod označením CoDeSys, což je označení univerzálního vývojového prostředí pro aplikační programy řídicích systémů PLC právě podle standardu IEC 61131-3, bez ohledu na použitý hardware. Díky němu je tak možno vytvářet jednotné datové a programové struktury a způsoby ovládání nezávisle na výrobci a typu PLC. K dispozici jsou tyto programovací jazyky STL (posloupnost instrukcí), SCL (obdoba Pascalu), LAD (kontaktní neboli liniové či reléové schéma), GRAPH (vývojové schéma) a FBD (schéma funkčních bloků).

1.4.1 STL (Statement List)

Tento jazyk je textový zápis, který je tvořen v mnemotechnických instrukcích CPU. STL je velmi podobný assembleru. Program se skládá z posloupnosti jednoduchých operací tvořených základními instrukcemi AND, AND NOT, OR, OR NOT, NOT a LOAD. Tento pro jazyk se vyznačuje dokonalým přehledem. Není však vhodný pro složité operace, kdy se zápis stává nepřehledný.

1.4.2 SCL (Structured Control Language)

Programovací jazyk SCL je ideální pro klasické programátory mikroprocesorů, protože jeho zápis je tvořený posloupností symbolických instrukcí. Jde tedy o programovací jazyk vyšší úrovně, podobně jako Pascal či Java. Tento zápis je vhodný pro práci s daty, řetězci, databázemi a programování

```

0001 LD start
0002 AND Process1
0003 OR Manual_stir
0004 ANDN stir_complete
0005 ST Stir
0006
0007 JMPCN en_temp0
0008
0009 LD 147
0010 MOVE
0011 ST Process_code
0012
0013 en_temp0:
0014 LD start
0015 AND Process2
0016 OR Manual_clean
0017 ST CIP_P1
0018
0019 JMPCN en_temp1
0020
0021 LD 247
0022 MOVE
0023 ST Process_code
0024
0025 en_temp1:
0026 LD start
0027 AND Process3
0028 OR Manual_drain
0029 ANDN tank_empty
0030 ST Drain
0031
0032 JMPCN en_temp2
0033
0034 LD 347
0035 MOVE
0036 ST Process_code
0037
0038 en_temp2:
0039

```

Obrázek 3: Programovací jazyk STL

```

1 //===== REGION 1 =====
2 FOR #1 := 0 TO 4 DO
3   IF #myArray[#1] = 3 THEN
4     #bAnElementIs3 := TRUE;
5     EXIT;
6   END_IF;
7 END_FOR;
8 //===== REGION 2 =====
9 FOR #1 := 0 TO 4 DO
10  IF #myArray[#1] = 3 THEN
11    #bAnElementIs3 := TRUE;
12    EXIT;
13  END_IF;
14 END_FOR;
15 //===== REGION 3 =====
16 FOR #1 := 0 TO 4 DO
17  IF #myArray[#1] = 3 THEN
18    #bAnElementIs3 := TRUE;
19    EXIT;
20  END_IF;
21 END_FOR;

```

Obrázek 4: Programovací jazyk SCL

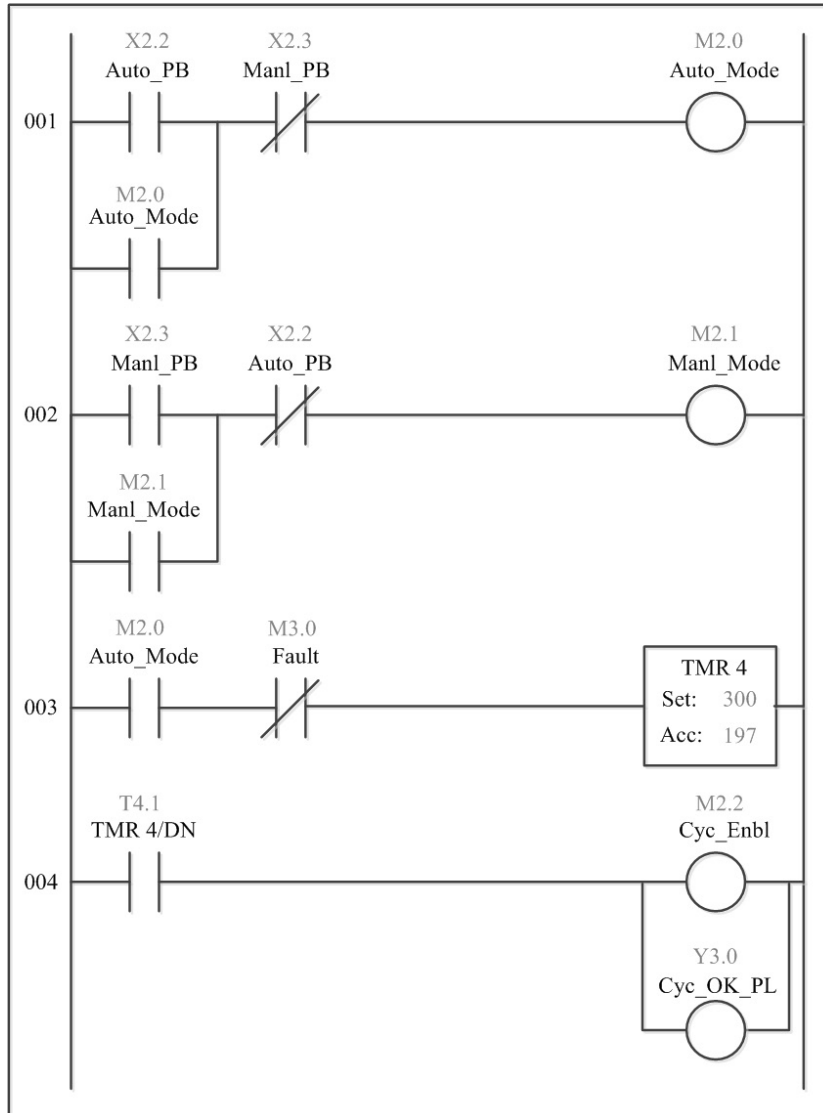
složitých výpočetních algoritmů. Je tak vhodný pro náročné zpracování analogových signálů, jako například pro realizaci digitálních filtrů, linearizaci signálů a složité řídicí algoritmy nebo pro práci s textovými řetězci. Výhodou je snadné a rychlé naprogramování i složitých aritmetických vzorců a relativně snadná manipulace a práce s bloky dat a databázemi.

1.4.3 LAD (Ladder Diagram)

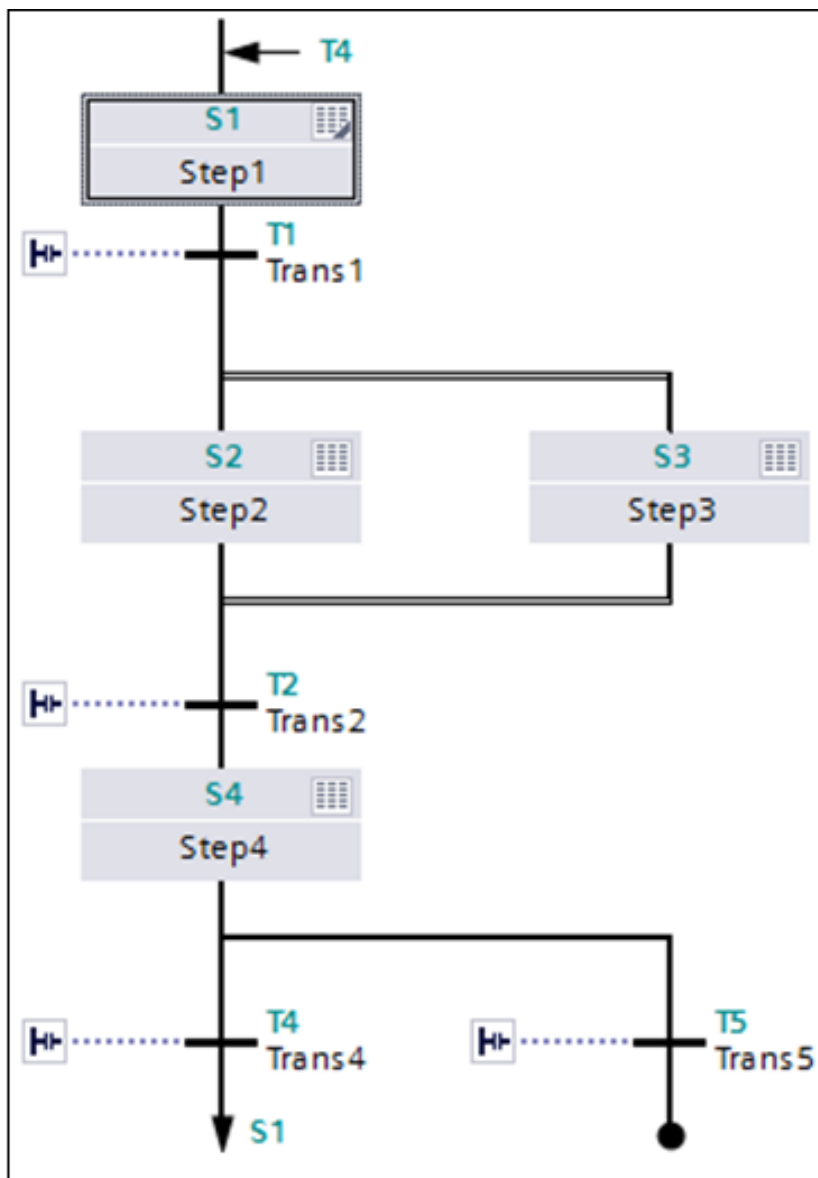
Tento zápis programu vychází z dob reléové logiky, kdy místo procesorů či mikrokontrolerů nebo integrovaných logických obvodů typu NAND, NOR či XOR, se využívala soustava vzájemně propojených relétek. S jejich pomocí lze snadno realizovat logické funkce AND a OR či NAND a NOR. A právě pomocí reléových schémat se snadno tyto logické soustavy “zapisovaly”. Výhodou je jasně definovaná posloupnost zápisu, přehlednost, rychlé programování a je ideální pro zpracování velkého počtu logických signálů.

1.4.4 GRAPH

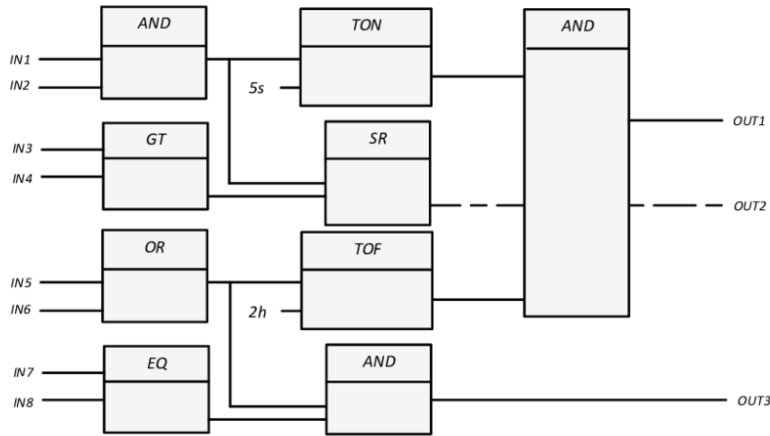
Sekvenční funkční diagram, nazývaný GRAPH je grafický programovací jazyk. Princip funkčního diagramů je odvozen od Petriho sítí (Grafcet). Tento program je výhodný tam, kde je potřeba vytvořit složitější strukturu sekvence programového algoritmu. Řešení pomocí RS členů nebo posuvných registrů může být neadekvátní z hlediska přehlednosti a následných úprav. Velká výhoda možnost jednotlivé procesy rozdělit na jednotlivé kroky, které mohou urychlit a zjednodušit řešení problému.



Obrázek 5: Programovací jazyk LAD



Obrázek 6: Programovací jazyk GRAPH



Obrázek 7: Programovací jazyk FBD

1.4.5 FBD (Function Block Diagram)

FBD je grafický zápis programu zobrazení pomocí funkčních bloků, program je tvořen bloky s danými funkcemi. Tento programovací jazyk připomíná kreslení schémat s integrovanými obvody. Výhodou tohoto programu je definované grafické členění do řádků, logické operace v podobě hradel, přehledný zápis a je ideální pro zpracování velkého počtu logických signálů.

2 Vývoj PLC

2.1 Vznik prvních automatů

Pod pojmem automat si asi každý představí moderní zařízení, ale existovaly již před dvěma tisíci lety a bez nich bychom dnešní automaty asi neměli. První automat můžeme najít již ve starověké Alexandrii kolem roku 300 př.n.l. Na automatizaci v této době měl hlavní přičinění především Hérón Alexandrijský zvaný Mechinakos. Z dochovaných knih je zřejmá vysoká úroveň technického poznání. Mezi jeho vynálezy patří automatické otvírání dveří, nápojový automat nebo principy pohonů, které najdeme i v dnešních strojích. Za první programovatelný automat byl považován mechanismus loutkového divadla. Hérón ve svých automatických strojích využíval znalosti hydrauliky a pneumatiky. Hérón přitom vycházel ze svého předchůdce myslitele Filóna

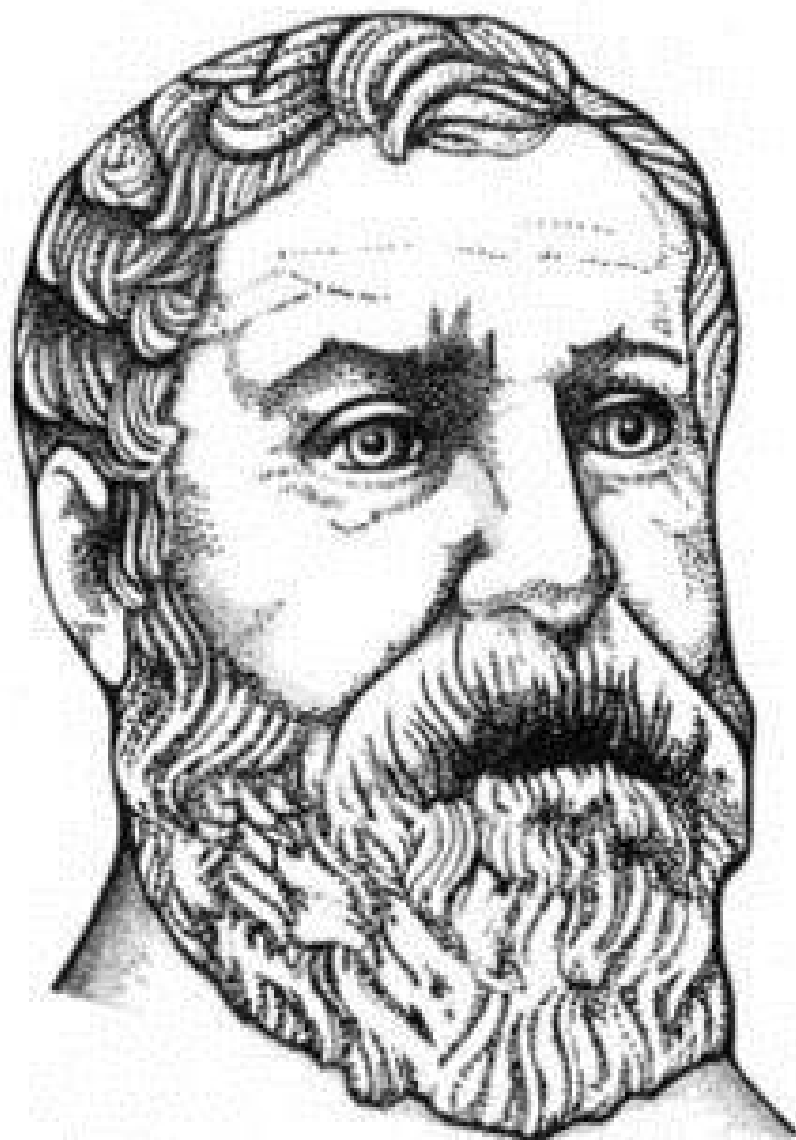
Myslitelé, který byl praotcem automatického mechanismu. Mezi slavné předchůdce patří také Leonardo da Vinci.

2.2 První počítač

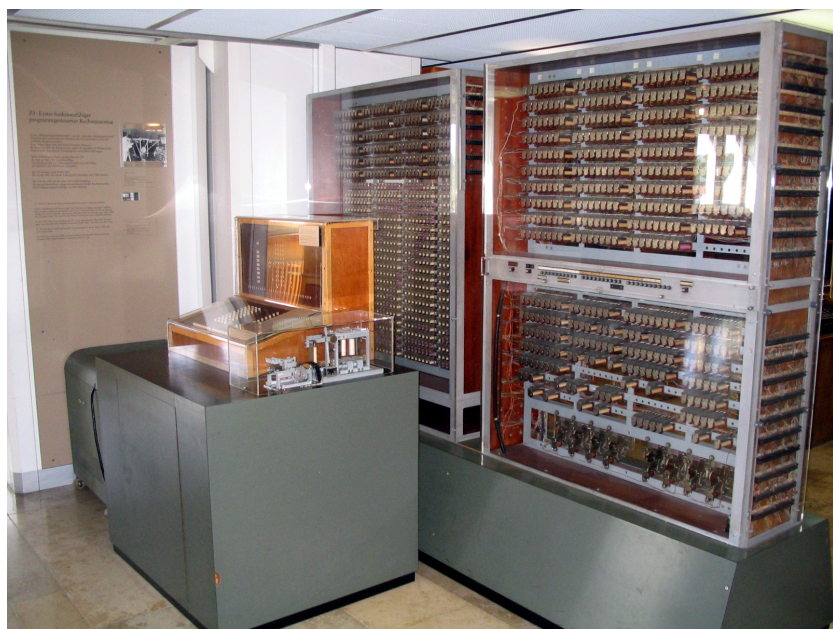
Číslicové logické automaty v dnešní podobě se začaly objevovat už kolem roku 1930. První počítač Z1 byl například sestaven v roce 1938 německým inženýrem a počítačovým průkopníkem Konradem Zuse. Tento první počítač byl konstruován převážně z relé a obsahoval 30000 kovových částí. První model nepracoval správně a byl nepřesný, ale další model byl již vylepšený. Po modelu Z1 zkonstruoval ještě modely Z2 až Z4. Model Z4 byl vyroben v roce 1945 a obsahoval 2500 relé. Všechny tyto modely jsou označovány jako počítače nulté generace.

2.3 První průmyslová automatizace v USA

Skutečné automatizace dosáhla chemička Texaco s počítačovým řízením až v roce 1959. Rozšíření automatizace do té doby bránila vysoká cena a nároky na velikost prostoru. Další rozvoj se uskutečnil roku 1960, kdy se americký výrobce automobilů General Motors začal zabývat možností náhrady reléových řídicích systémů. V roce 1968 vyhlásila firma soutěž na dodávku počítačového řízení pro své výrobní linky. Do této soutěže se přihlásily čtyři firmy Information Instruments, Inc (po roce přejmenována na Allen-Bradley, nyní Rockwell Automation), Digital Equipment Corp. (DEC), Century Detroit a Bedford Associates. Soutěž vyhrála firma Bedford Associates a v roce 1969 bylo vyrobeno první PLC. Jádrem systému byl mikroprocesor upravený pro průmyslové využití a s okolím byl propojen přes rámy do kterých se instalovaly vstupně / výstupní moduly. Každý takový modul mohl obsahovat až 16 binárních signálů. CPU se dalo připojit až k 8 ráům a každý tento rám měl až 8 pozic pro vstupně / výstupní moduly. Celkem tedy bylo možné připojit 1024 signálů. První PLC bylo označeno 084 jako 84. Jedním z vývojářů PLC byl Richard E. Morley, který je považován za "otce" PLC. Aby se Morley a jeho spolupracovníci mohli více věnovat vývoji PLC založili v roce 1969 společnost na vývoj, výrobu a prodej programovatelných automatů. Pojmenovali ji Medicon jako zkratku podle MODular DIGital CONtrol. PLC 084 byl nakonec opravdu využit ve firmě General Motors, jeho práce byla řídit výrobu automatických převodovek (model 400), jež se používají pro značku Codillac, Chevrolet a Pontiac. Nyní stačilo nové operace jen nahrát



Obrázek 8: Hérón Alexandrijský



Obrázek 9: Počítač Z3

do interní paměti. Důkazem spolehlivosti byla existence více jak 100 kusů v provozu po 30 letech po vzniku PLC 084. Další výhodou PLC 084 byla jeho odolnost, při ukázce komerčním zákazníkům vývojářům PLC spadlo s velkou ranou na zem a i přes to fungovalo bez problémů. Konkurenční společnost se také pokusila přístroj zničit za pomoci proudu a roztoku sodného. Ani tento pokus PLC 084 nepoškodil. Dalším pokrokem bylo první programovatelné PLC pro General Motors pod označením PDQ II. Označení tohoto PLC byla zkratka pro převodník programovaných dat. Takto se po malých krocích vylepšovaly PLC až v roce 1972 již existovala zhruba desítka dodavatelů PLC, kteří nabízeli asi 20 modelů. Důležitými dodavateli se začaly stávat firmy GE (Logitrol) a Square D (SY/MAX), kteří vyvinuli své vlastní produkty. Dalším důležitým dodavatel se stala firma Industrial Solid State Control (ISSC), která představila svůj automat IPC-4000. V roce 1975 již byly postaveny základy pro PLC, které vedly k exponenciálnímu růstu po zbytek dekad a dále. Na veletrhu Controls Shows v roce 1975, již vystavovalo PLC patnáct společností. V tomto roce začaly produkty PLC nabízet i evropské a japonské firmy. V tom samém roce přišla společnost Medicon s PLC 284 již s mikroprocesorem a PLC 384 s digitálními algoritmy pro spo-



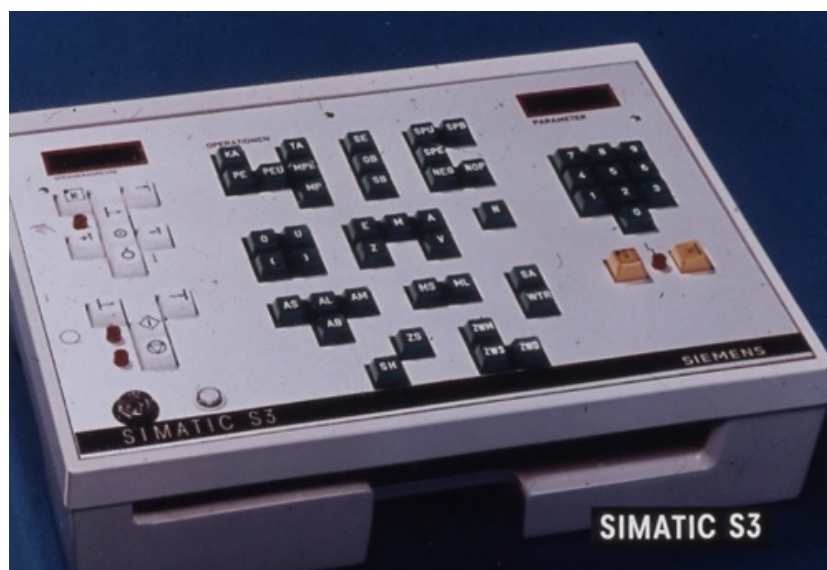
Vizionář a vědec Richard E. „Dick“ Morley (1. 12. 1932 – 17. 10. 2017), šéf týmu, který v 60. letech minulého století vyvinul a zkonstruoval Modicon 084 – 1. PLC na světě, miloval auta (zejména svůj Chevrolet Impala 1995) a motorky Harley-Davidson (na obrázku zcela vlevo)

Obrázek 10: Tvůrci prvního PLC 084

jitě řízení. Právě společnost Medicon zůstávala na špici vývoje průmyslové automatizace, a hlavně komunikace až do roku 1995, kdy se Medicon začlenil do skupiny Schneider Elektronik - předního hráče na poli průmyslové automatizace. Společnost Medikon přišla například se systémem Hot Standby (redundance procesorů v horké záloze), Remote I/O (vzdálené vstupy a výstupy), online programováním, komunikací Ethernet pro řídicí systémy nebo Modbus (průmyslový protokol).

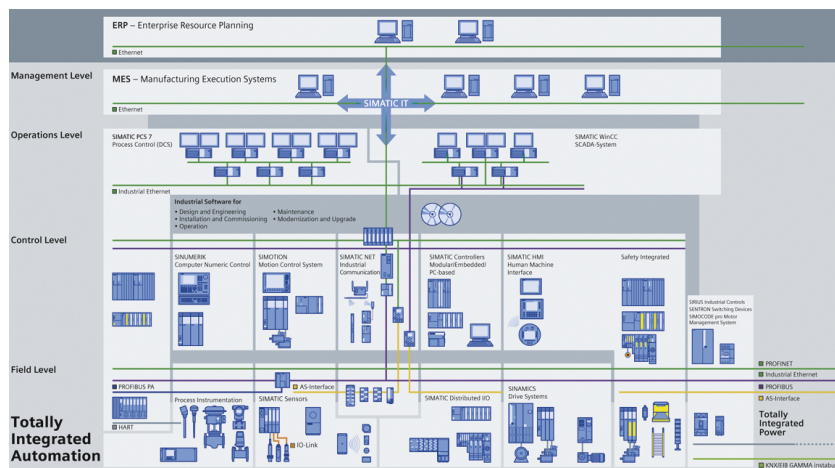
2.4 Průmyslová automatizace v Evropě

V Evropě dne 2. dubna 1958 na německém patentovém úřadě byla zaregistrována obchodní značka Simatic, která patří pod společnost Siemens. Ten samý rok již strojírenském veletrhu v Paříži způsobuje senzaci první řídicí obvod s germaniovými tranzistory (Simatic G). Tato technologie byla rychlejší než dosavadní ovládání přes relé. Rok na to dochází k důležité technické změně. Řídicí a spínací obvody začínají být vyráběné s použitím křemíku. Tento vývoj přináší novou řadu PLC Simatic N. Tato druhá řada byla nejvíce využívána v transformovnách a elektrárnách. Roku 1973 přichází Siemens s vyšším výpočetním výkonem pro nový řídicí typ jednotky Simatic S3. Vylepšení výkonu přináší nové uplatnění v průmyslu. Pátá generace

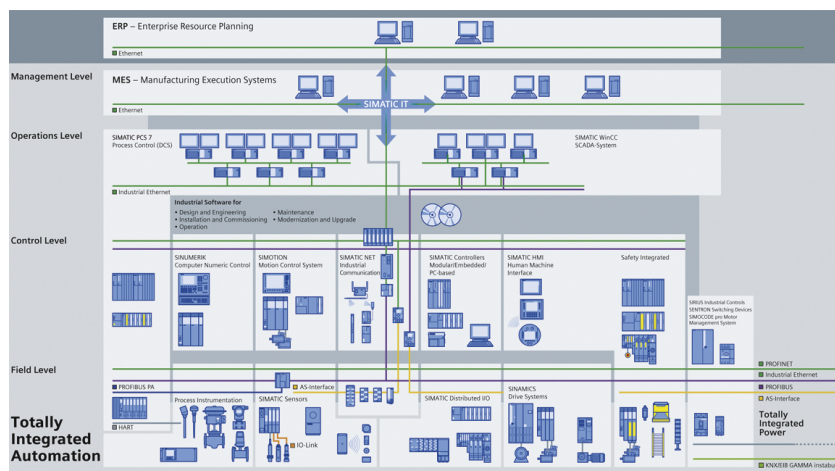


Obrázek 11: Simatic S3

systemu Simatic S5 přichází roku 1979 a obsahuje přelomové funkce, jako například zabezpečení proti selhání nebo inženýrský software STEP, který usnadňuje rychlou tvorbu a úpravu programu. Dalším průlomem je komunikační standard Profibus pro další generaci Simatic S7 roku 1994, který odstartoval éru síťové komunikace. Profibus je průmyslová sběrnice, která v dnešní době reprezentuje velmi rozšířený komunikační standart. Od této chvíle roste význam sítí jako důležitého aspektu automatizace. V roce 1996 Siemens poprvé představil koncept plně integrované automatizace, který plně pokrývá celý výrobní řetězec. Další vylepšení přichází roku 2009 kdy se Simatic S7-1200 rozšiřuje o ovládací panely Simatic HMI. Díky těmto panelům už bylo možné splnit téměř všechny automatizační úlohy.



Obrázek 12: Schéma plně integrované automatizace



Obrázek 13: Panely Simatic HMI

3 Zdroje

[http://udrbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=7766&cHash=d641f883e9&type=98](http://udrbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=7766&cHash=d641f883e9&type=98)
http://www.zsandel.net/predmety/informatika/7/historie_0_generace.pdf
<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/966>
[http://www.controlengcesko.com/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=2476&cHash=8c691258b7&type=98](http://www.controlengcesko.com/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=2476&cHash=8c691258b7&type=98)
<http://plc-automatizace.cz/knihovna/historie/historie-plc.htm>
<https://www.siemens.cz/>

4 Zdroje obrázků

<https://i.ytimg.com/vi/o0CW5muXNyo/maxresdefault.jpg>
<https://3.bp.blogspot.com/-UCXv54l1GyY/WUpbH7pQazI/AAAAAAAAADSQ/Ia8uYx1XVfIauvNc1EES1600/OBs%2Bin%2BSimens%2BTIA%2BPortal.jpg>
<https://www.motioncontroltips.com/wp-content/uploads/2017/05/Rexroth-IL-sample.png>
<https://www.dmcinfo.com/Portals/0/SCL%20Dev%20BEFORE.jpg>
https://www.controleng.com/wp-content/uploads/sites/2/2019/07/CTL1907_MAG2_F1_programming-Fig2-LadderLogic.jpg
https://support.industry.siemens.com/cs/images/109759822/109759822_GRAPH_TIAPortal_V15_1.png
https://www.researchgate.net/profile/Dr_Bestoun_Ahmed/publication/339137394/figure/fig3/AS:860201641078787@1582099461612/An-example-of-a-PLC-control.png
https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/11869/content_UC2_6470_obr1.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Z3_Deutsches_Museum.JPG
http://udrbapodniku.cz/fileadmin/grafika/Barca_Karchova/Casopis_zari_2018/se1.png
<https://www.controleng.eu/global/showimage/Article/6574/>
<https://support.industry.siemens.com/dokumentation/MDMImage.img?docVersionId=14236057355&imageFileName=12299878155.PNG&Language=en-US>

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:7938e856-c6ca-4f3a-8261-c2width:3840/quality:high/simatic-hmi-basic-panel-family-front.jpg>