



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

IDENTIFIKACE DÍLŮ VE VÝROBNÍM PROCESU

Bakalářská práce

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika
Autor práce: **Adam Řehořek**
Vedoucí práce: RNDr. Klára Císařová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

IDENTIFICATION OF PARTS IN THE MANUFACTURING PROCESS

Bachelor thesis

Study programme: B2612 – Electrical Engineering and Informatics

Study branch: 1802R022 – Informatics and Logistics

Author: **Adam Řehořek**

Supervisor: RNDr. Klára Císařová, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam Řehořek**
Osobní číslo: **M12000038**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informatika a logistika**
Název tématu: **Identifikace dílů ve výrobním procesu**
Zadávající katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte problém identifikace dílů ve výrobním procesu.
2. Zpracujte přehled charakteristických vlastností identifikace pomocí čárových kódů (včetně 2D) a RFID čipů.
3. Navrhněte metodiku srovnání použitých technologií identifikace ve firmě Magna Bohemia Liberec.
4. Na vybraných dílech ve firmě Magna Bohemia Liberec proveďte srovnání dle metodiky.
5. Pokuste se zobecnit závěry ze srovnání do formy doporučení pro použití technologie identifikace.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: 30–40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Steve McConnell: Dokonalý kód, Computer Press, a.s., 2006.
- [2] Xenie Lukoszová a kol.: Logistické technologie v dodavatelském řetězci, Ekopress, 2012.
- [3] Peter Trebuňa: Zásobovacia a distribučná logistika v príkladoch, technická univerzita v košiciach, 2012.
- [4] Expertní přednášky Ing. Antonín Krejčí na webu <http://prednasky.tul.cz>
- [5] <http://www.elektroprumysl.cz/automatizace-rizeni-a-regulace/identifikace-zalozena-na-radiove-frekvenci-rfid-3>

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Klára Císařová, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

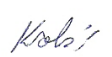
Konzultant bakalářské práce: Ing. Jan Jungwirth

Datum zadání bakalářské práce: 10. října 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2015


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2014

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 14 5 2015

Podpis: Rehorek

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou identifikace dílů ve výrobním procesu pomocí čárových kódů a RFID čipů. V teoretické části je uvedena historie čárových kódů, hlavní principy konstrukce čárových kódů, základní typy čárových kódů a vlastnosti identifikace při jejich použití. Dále charakterizuje vlastnosti identifikace pomocí RFID čipů, jejich typy a hlavní využití. V praktické části poté popisuje navrženou metodiku srovnání použité technologie identifikace a porovnání vybraného procesu pomocí dané metodiky. V závěrečné části následuje doporučení pro použití technologie identifikace.

Klíčová slova

Čárový kód, RFID čip, identifikace, čtecí zařízení, znak

Annotation

This bachelor thesis deals with the identification of parts in the production process through the use of bar codes and RFID chips. In the theoretical part it describes the history of barcodes, the main principles of construction of bar codes, basic types of bar codes and identification features in their applications. It also characterizes the properties of identification through the RFID chips, their types and the main uses. In the practical part it describes the proposed methodology comparison the technologies, which were used and the comparison of the selected process using the methodology. The final part continues by the recommendations for the use of identification technology.

Key words

Bar code, RFID chip, identification, reader, character

Obsah

Úvod.....	8
1 Automatická identifikace	9
1.1 Technologie automatické identifikace	9
1.1.1 Optické technologie	10
1.1.2 Radiofrekvenční a induktivní technologie	10
1.1.3 Magnetické technologie	10
1.1.4 Biometrické technologie	11
2 Čárové kódy	12
2.1 Historie čárových kódů	12
2.2 Dělení čárových kódů	13
2.3 Jednorozměrný čárový kód	13
2.3.1 Konstrukce jednorozměrného čárového kódu	13
2.3.2 Nejpoužívanější lineární čárové kódy.....	15
2.4 Dvojměrný čárový kód.....	23
2.4.1 Nejpoužívanější 2D kódy.....	23
2.5 Pořizování čárových kódů.....	26
2.5.1 Bubnové tiskárny	26
2.5.2 Jehličkové tiskárny	26
2.5.3 Laserové tiskárny	27
2.5.4 Termotiskárny	27
2.5.5 Termotransferové tiskárny	28
2.6 Snímání čárových kódů.....	29
2.6.1 Laserové snímače.....	29
2.6.2 Digitální snímače	30
3 Technologie RFID	31
3.1 Historie technologie	31
3.2 Princip RFID	31
3.3 Možná dělení RFID tagů.....	32
3.3.1 Používaná frekvence	32
3.3.2 Typ paměti	33
3.4 EPC Standard	34
3.5 Výroba RFID tagů.....	35

3.5.1	Skleněné tagy	35
3.5.2	Tagy v lisovaném obalu	36
3.5.3	Smart label	36
3.6	Čtecí zařízení.....	37
3.6.1	Stacionární čtečky	37
3.6.2	Mobilní čtečky	37
4	Čárové kódy versus RFID	38
5	Problematika daných technologií ve vybraném podniku	39
5.1	Historie společnosti	39
5.2	Momentální stav problematiky	40
5.3	Metodika srovnání použitých technologií identifikace	40
5.4	Proces výroby pátých dveří BMW i3	43
5.4.1	Výhody využití RFID při výrobě pátých dveří	45
5.4.2	Zhodnocení pořízení technologie RFID na vybraný proces	46
5.5	Srovnání použitých technologiích na daném procesu dle metodiky	47
5.6	Zobecnění výsledků	48
	Závěr	50
	Použitá literatura	51
	Seznam obrázků	54
	Seznam tabulek	55
	Seznam zkratk	55
	Příloha A - Obsah přiloženého CD	56

Úvod

S pojmem identifikace se člověk může setkat na každém rohu. S nadsázkou by se dalo říci, že čím lépe člověk, či jiný živý tvor identifikuje, tím snáze přežívá. Živá příroda je toho jasným důkazem. Kdyby antilopa nedokázala správně identifikovat lva, jako predátora, který ji loví, moc dlouho by v přírodě nepřežila. Přesný význam pojmu identifikace se však v různých oborech liší. Zatímco v přírodních vědách slouží například k určení horniny, chemické sloučeniny nebo organismu podle charakteristických vlastností objektu, v kriminalistice je identifikace určena k zjištění totožnosti osoby či předmětu, většinou na základě popisu. V dnešní době je samozřejmě důležitá taky identifikace ve výrobních systémech. Čím přesněji dokáží být různorodé objekty identifikovány, tím je efektivita výrobního procesu vyšší.

Tato práce si klade za cíl seznámit čtenáře s problematikou identifikace obecně a poté konkrétně, ať už pomocí čárových kódů či technologií RFID. V teoretické části seznamuje čtenáře s historií čárových kódů, s hlavními principy konstrukce čárových kódů, se základními typy čárových kódů a vlastnostmi identifikace při jejich použití. Dále charakterizuje vlastnosti identifikace pomocí RFID čipů, jejich typy a hlavní využití. V praktické části poté popisuje navrženou metodiku srovnání použité technologie identifikace a konkrétní porovnání. V závěrečné části následuje doporučení pro použití technologie identifikace.

1 Automatická identifikace

S rozvojem počítačů se samozřejmě začaly vyvíjet nové metody identifikace. V dřívější době se ve výrobním procesu zapisovala čísla ručně na papír, a tak docházelo k velké chybovosti vlivem lidského faktoru. S postupem času se už identifikační čísla nezapisovala na papír, ale rovnou do počítače, avšak riziko lidských chyb tím nevymizelo. Efektivita těchto metod identifikace se ale nedala srovnávat s dnes používanými postupy. Právě kvůli požadavkům na zefektivnění a zrychlení sběru a přenosu dat, které jsou potřeba k identifikaci objektů, se začaly objevovat prostředky automatické identifikace. Dané prostředky jsou schopné automaticky získávat data o objektech a dále je předávat například počítačům. Tyto systémy jsou budovány tam, kde bylo třeba identifikovat velké množství objektů či různých dat a manuální zapisování bylo jak časově, tak finančně náročné (mzdy zaměstnanců, provádějící tuto činnost). Obecně automatická identifikace usnadňuje řízení procesů, minimalizuje počet chyb, zvyšuje kvalitu procesu s identifikačními daty, snižuje náklady, zajišťuje růst produktivity a efektivnosti a podává aktuální přehled o každé jednotce v logistickém řetězci.

V praxi je tak automatická identifikace využívána hlavně při identifikaci a vyhledávání předmětů, objektů či informací. Při transakčních procesech, kontrole a sledování osob, nebo při kontrole a řízení stavů jako například stavů zásob a procesů například třídění zásilek, řízení výroby apod. Velkou výhodou systémů automatické identifikace je, že dokáží pracovat s velkou spolehlivostí a to i v extrémních podmínkách.

Základní a společné prvky pro všechny technologie automatické identifikace musí umět informaci jednoduše zakódovat, dále rychle přečíst a následně zpracovat data v počítači bez rizika lidských chyb. Těmito prvky jsou:

- Nosič kódu – samostatný výrobek, štítek, elektromagnetická karta apod. Nese kód a umožňuje načítání.
- Snímač – snímá kód z nosiče a následně jej transformuje do požadovaného tvaru.
- Programová jednotka – ukládá informaci do programovatelného nosiče dat.
- Vyhodnocovací jednotka – transformuje snímaný kód do tvaru čitelného uživateli nebo do tvaru pro automatické vyhodnocení.

1.1 Technologie automatické identifikace

Systémy automatické identifikace používají různé technologie identifikace a přenosu informací. Proto je lze rozdělit do několika kategorií.

1.1.1 Optické technologie

Optické technologie pracují na základě světelného odrazu z tištěných vzorů, který je sejmut a poté dekodován.

Nejstarší a zároveň stále nejvíce masově používaná technologie v oblasti automatické identifikace, patřící do kategorie optické technologie, jsou čárové kódy. Ty jsou používány pro jednoznačnou identifikaci při výrobě, evidenci, skladování, přepravě či prodeji. První patent pro použití čárových kódů pochází z roku 1949 z USA. Byl navržen proto, aby zamezil ztrátě času při čekání u pokladen ve velkých supermarketech.

Další technikou optické technologie je OCR. Zkratka pochází z anglického Optical Character Recognition, optické rozpoznávání znaků. Jedná se o technologii, která pomocí scanneru umožňuje digitalizaci tištěných i psaných textů, která se využívá například k archivaci knih.

Další technologií, která se velmi podobá OCR a je založená na optické technologii, je technologie vizuální. Ta však místo rozpoznávání textů zaznamenává bodové kódy či obrazce, které jsou po převedení do digitální formy dále zpracovávány v informačním systému.

1.1.2 Radiofrekvenční a induktivní technologie

Radiofrekvenční systém identifikace je moderní technologie identifikace objektů pomocí radiofrekvenčních vln. Signál vyslaný snímacím zařízením aktivuje tag (štítek, značka) RFID, který odešle zpět uložené data. Zkratka pochází z anglického Radio Frequency Identification, identifikace na rádiové frekvenci. Největší výhodou tohoto systému je bezkontaktní čtení i zápis. Využívají se tedy hlavně tam, kde je složitý přístup k objektům a nemohou zde tak být využity čárové kódy. Ať už kvůli špatné dostupnosti, extrémním teplotám, špatné viditelnosti nebo příliš prašnému prostředí.

Induktivní technologie jsou velmi podobné těm radiofrekvenčním. Místo radiových vln však využívají princip elektromagnetické indukce.

1.1.3 Magnetické technologie

Nosič kódu pro uložení dat v této technologii je v podobě magnetického proužku nebo čipu (magnetická karta s vyšší kapacitou). Nosič je snímán snímacím zařízením s digitálními obvody. Tato technologie se využívá především v bankovníctví a finanční sféře, dopravě či ve školních jídelnách a knihovnách.

První technikou magnetické technologie je MICR. Spočívá ve vytištění identifikačních znaků na dokumenty, kde je velmi důležité rozeznat všechny znaky. Tisk těchto znaků a instalace čtecího

zařízení je však značně nákladná. Používá se především při bankovních operacích či zpracování a odbavení kontrol (např. kontrolní číslo na šeku).

Druhou technikou je Magnetic Stripe, magnetický proužek. Ta se vyznačuje převážně magnetickým proužkem na plastické kartě. Proužek obsahuje magnetické částice kovového základu, schopných svou orientací uchovávat údaje. Tato technika slouží k bezhotovostním platbám, přístupům do hotelových pokojů, knihoven, kanceláří atd. Nevýhodou je opět vyšší pořizovací cena a minimální ochrana proti zneužití.

1.1.4 Biometrické technologie

Technologie využívající fyziologických rysů člověka, které digitalizují a podle nich pak provádějí identifikaci. Jde o velmi drahou technologii, avšak identifikace založená na biometrii nabízí výrazně vyšší bezpečnost. To proto, že využívají charakteristik, které jsou pro každou osobu unikátní a stále v průběhu času a je takřka nemožné je odcizit nebo padělat. Tato technologie je využívána nejvíce v oblasti bezpečnosti. Vstupy do hlídaných objektů, do bankovních trezorů, automatizace přechodu státních hranic apod.

Nejčastější využití biometrie v praxi:

- **Scan oční sítnice a duhovky** – sítnice je měřena laserovým paprskem, oční duhovka černobílou kamerou
- **Rozpoznání obličeje** – pomocí kamery s vysokým rozlišením
- **Otisk prstů či celé dlaně** – pomocí optické, kapacitní nebo ultrazvukové technologie
- **Rozpoznání hlasu** – frekvenční analýza hlasu, měření intonace a rytmu

2 Čárové kódy

Nejrozšířenější technologií automatické identifikace jsou čárové kódy. Tato technologie je považována za nejlevnější a nejúčelnější, a stále je nejvíce používána. Čárovými kódy se označuje velká spousta věcí v našem okolí. Od balených potravin, přes knihy až po technické vymoženosti, jako součástky do auta nebo do počítače. Život bez čárových kódů si tak lze jen stěží představit. V dnešní době je známo přes 220 typů čárových kódů, každý se liší nějakou charakteristikou, ať už kódováním, dekódováním nebo požadavky na tisk. I proto bylo vyvinuto mnoho zařízení pro tisk a následné snímání.

2.1 Historie čárových kódů

Za úplně první myšlenku čárového kódu je považován projekt studentů na Harvardské univerzitě z roku 1932. Ovšem první moderní čárový kód, který vytvořil Norman Joseph Woodland a Barnard Silver, byl patentován až v roce 1949. Získání patentu však neznamenovalo okamžitý nástup a další vývoj čárových kódů. Přes 20 let se čekalo na vytvoření snímače, který by dokázal čárový kód, který byl postupem času ještě upravován a vyvíjen, úspěšně přečíst.

V roce 1973 byl lídry průmyslu v USA vybrán lineární čárový kód UPC za jednotný standard pro identifikaci výrobků. Historicky prvním výrobkem s čárovým kódem, automaticky dekódovaným na pokladně, byl balíček žvýkaček Wrigley's. Pokladní Sharon Buchananová ho naskenovala 26. června 1974 v 8:01 v supermarketu „Marsh“ v Ohio.

Standard UPC, využívaný v USA a Kanadě, brzy našel svůj protějšek v Evropě. Čárové kódy EAN (European Article Number) vznikly v roce 1977. I když je výraz EAN pořád v povědomí společnosti, už se nepoužívá. UPC a EAN nebyly kompatibilní, došlo ke spojení a vznikla globální nezisková organizace GS1 (Global Standard 1). [1]

V roce 1987 také vznikl první 2D kód *Code 49* a následovala spousta dalších. S vývojem informačních technologií se začala technologie čárových kódů používat ve všech odvětvích po celém světě.

První čárové kódy do ČSSR přivezl ředitel oddělení exportu národního podniku Čokoládovny a dnes prezident GS1 Česká Republika inženýr Jaroslav Camplík. Tomu bylo ve Velké Británii, největším odběratelem jeho výrobků, Tescom, v roce 1979 oznámeno, že jeho výrobky musejí také nést čárový kód. Tisk prvních čárových kódů byl prováděn rakouskou firmou, až poté se tisku ujala firma slovenská.

ČSSR se tak jako 19. země stala členem EAN už v roce 1983 jako první stát bývalého socialistického bloku, což mělo veliké výhody při exportu zboží jako například piva, LP desek do západních zemí. [1]

Firem, které využívají čárové kódy, bylo v roce 1989 v systému EAN ČSSR, dnes již GS1 ČR zaregistrováno 150. V roce 1993, kdy došlo k rozdělení na EAN ČR a EAN SR, se počet zaregistrovaných uživatelů v EAN ČR pohyboval okolo 1000. Minulý rok, k výročí třiceti let od vstupu do EAN, bylo v systému GS1 ČR zaregistrováno již přes 7000 firem. [2]

2.2 Dělení čárových kódů

Čárových kódů je mnoho druhů a je potřeba je rozdělit do různých skupin pro lepší orientaci. Jedním rozdělením je například rozdělení na kódy:

- užívané obchodem (EAN 8, EAN 13)
- užívané průmyslem (Coda 36, Coda 128).

Dalším porovnávacím kritériem může být délka kódu:

- pevná (EAN 13 – 13 numerických znaků)
- variabilní (většina průmyslem užívaných kódů)

Dále je lze dělit do skupin podle toho, jaké znaky jsou schopné zakódovat:

- numerické (EAN)
- částečně alfanumerické (CODABAR)
- plně alfanumerické

Podle hustoty zápisu lze také kódy dělit na kódy s vysokou, střední a nízkou hustotou.

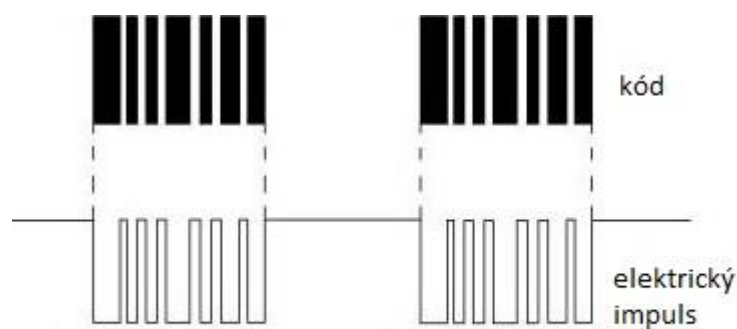
Nejčastěji jsou však kódy děleny podle struktury:

- jednorozměrné (lineární) čárové kódy
- dvojrozměrné (maticové) čárové kódy

2.3 Jednorozměrný čárový kód

2.3.1 Konstrukce jednorozměrného čárového kódu

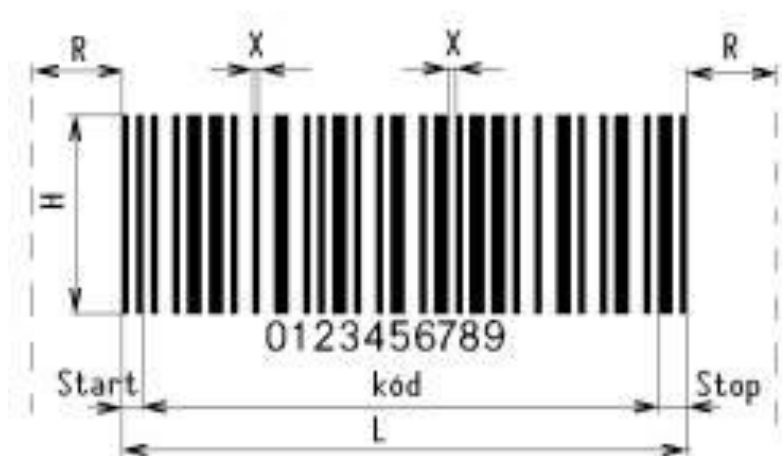
Každý kód je tvořen sekvencí čar a mezer. Tyto posloupnosti jsou pak analyzovány a dekodovány optoelektronickými zařízeními. Při čtení kódu jsou generovány elektrické impulsy, které odpovídají skladbě tmavých a světlých čar, které jsou porovnány s klíčovací tabulkou, jež je definována pro každý typ kódu. Každá posloupnost souhlasící s tou v tabulce je poté dekodována na odpovídající znakový řetězec.



Obrázek 1: Převod kódu na elektrické impulsy. Zdroj: vlastní úprava

Nosičem informací u některých kódů nejsou pouze čáry, ale i mezery. Na první pohled se mohou kódy zdát stejné, avšak je mezi nimi rozdíl. Čáry mají stejně jako mezery rozdílnou šířku. Pro jednotlivé kódy jsou specifická pravidla, jak jsou k sobě čáry a mezery řazeny. Některé kódy jsou proto schopny nést větší množství informací než jiné.

K rozpoznání, o jaký typ čárového kódu se jedná, slouží *start* a *stop* znaky. Jak je vidět na obrázku uvedeném v knize *Čárové kódy – automatická identifikace*.



Obrázek 2: Základní charakteristika konstrukce jednorozměrného čárového kódu [4]

- X = šířka modulu, jedná se o nejužší element kódu, ať čaru nebo mezeru
- L = délka kódu
- R = světlé pásmo, musí být 10krát širší než šířka modulu, minimálně však 2,5mm
- H = výška čárového kódu, pro ruční čtení je doporučená výška minimálně 10% délky kódu, pro čtecí pistole doporučená výška min 20% délky, minimálně však 20mm
- kód = kódovaný řetězec
- Start = *start* znak
- Stop = *stop* znak

Stejný kód může být vytvořen v různých velikostech. Rozměry poté závisí na tom, jaká hodnota X se zvolí.

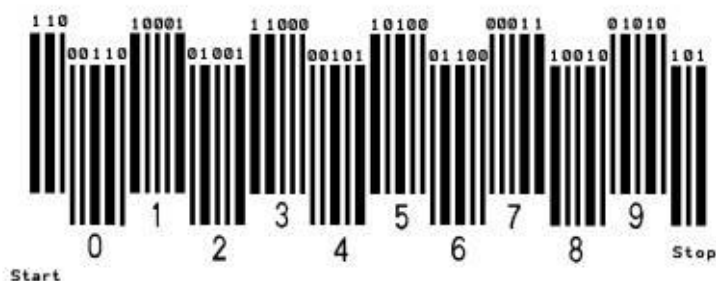
2.3.2 Nejpoužívanější lineární čárové kódy

Jelikož je typů čárových kódů velké množství, budou v práci popsány hlavně ty, které se v České Republice používají nejvíc.

2.3.2.1 2/5 Industrial

Patří mezi nejstarší vyvinuté kódy. Byl vyvinut již v roce 1968 firmou Identicon Corporation. Jedná se o numerický kód s proměnnou délkou. Je tvořen znaky *Start*, *Stop* a libovolným počtem znaků 0 až 9. Název 2 z 5 popisuje způsob zakódování každého čísla, kde je každé zakódováno pěti čarami, z kterých jsou tři úzké a dvě široké. Mezery mezi čarami nenesou žádnou informaci a tak se jejich šířky mohou lišit (doporučená šířka mezery = šířka modulu X). Nevýhodou kódu je jeho přílišná délka při zakódování větší informace. [3]

V praxi se i u kódu 2/5 využívá kontrolní číslice, pro zvýšení přesnosti kódování. Poté je ale kód prodloužen o další sekvenci pěti čar (jedna kontrolní číslice).



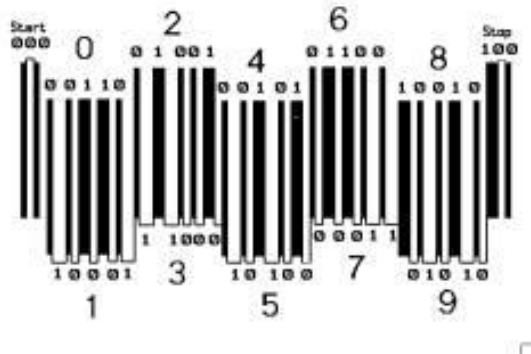
Obrázek 3: Kód 2/5 Industrial [4]

Existují další dva velmi podobné 2/5 kódy. Prvním z nich je 2/5 IATA, který je identický až na znaky *Stop* a *Start*, které jsou zakódovány pouze 2 čarami oproti třem čarám u 2/5 Industrial. Druhým z nich je 2/5 *Invertovaný*, kde kód je tvořen sekvencí mezer, z kterých jsou tři úzké a dvě široké a čáry nenesou žádnou informaci.

2.3.2.2 2/5 Interleaved (překrývaný)

Tento kód byl vyvinut v roce 1972 a též bývá označován jako ITF (Interleaved Two of Five). Kód je velmi podobný 2/5 Industrial, hlavní výhodou oproti němu však je, že informaci nesou jak čáry, tak i mezery. To znamená, že se znaky kódují po párech. Každý znak je opět tvořen pěti

symboly, dva široké a tři úzké. Jeden znak je kódován do čar a druhý do mezer mezi nimi. Počet kódovaných znaků tak musí být vždy sudý. Pokud je liché, přidává se k němu jako párový znak kontrolní číslice, nebo se použije vedoucí nula. Poměr mezi šířkou širokých a úzkých čar či mezer je stejně jako u předchozího příkladu 3:1. Nevýhodou jsou větší nároky na kvalitu tisku. [3]



Obrázek 4: Kód 2/5 Interleaved [4]

Speciálním případem IFT jsou kódy ITF-6, ITF-14 či ITF-16. Jedná se o kódy s pevnou délkou. Poměr mezi šířkou širokých a úzkých čar či mezer je daný 2,25:1. Kód bývá ohraničen vodorovnými a svislými nosnými čarami, které uzavírají kód do obdélníku, v některých případech se využívá pouze vodorovné nosné čáry (nad kódem a pod kódem). Hlavní využití kódů ITF je při distribuci beden, palet aj., tedy balení několika kusů, které se přepravuje jako jeden celek.



Obrázek 5: ITF-14 s neúplnou nosnou čarou [4]

2.3.2.3 Europe Article Numbering (EAN)

Jedná se o nejpoužívanější čárový kód, který je obdobou amerického UPC. Kódy EAN, někdy označovány jako EAN/UPC, jsou příkladem numerického čárového kódu s pevnou délkou. Rozdělují se na 2 podskupiny, a to na EAN 8 a EAN 13, podle počtu obsažených číslic v kódu. Obě podskupiny však mají společné charakteristiky. U obou první tři číslice určují mezinárodní prefix (Česká Republika má prefix 859), poslední číslice je kontrolní. Ta zabraňuje chybnému načtení kódu. Tyto kódy mají také dva identické okrajové znaky (*Start, Stop*). Základním parametrem kódu je modulová šířka X , jež definuje elementární šířku mezery i čáry.

Celková šířka kódu je tedy násobek modulové šířky a počtu elementárních znaků. EAN 13 je tvořen 112 a EAN 8 67 elementárními znaky. K této hodnotě je potřeba připočítat ještě šířku světelných pásem. Využívají se hlavně při snímání u spotřebitelů (na pokladně), ale i při přepravě. Nedokážou pojmout velké množství informací a tak je nejčastější propojení s danou databází, kde lze jednoduše měnit například cenu výrobku při slevách. [3]

2.3.2.3.1 EAN 8

Jak už bylo řečeno, EAN 8 je lineární, spojitý a numerický kód schopen zakódovat 67 elementárních znaků, což je 8 číslic (0-9) a je obdobou amerického UPC-E (kódy se od sebe liší šířkou datového pole, výškou čar a uspořádáním číslic). První 3 číslice obsahují prefix, další 4 identifikaci položky (smluvně přidělena GS1 Česká Republika) a poslední číslice je kontrolní. Nejmenší možné zobrazení kódu je 21,38 mm na šířku x 17,05 mm na výšku. Není využíván tak jako EAN 13, používá se pro označení malých výrobků. [5]



Obrázek 6: Kód EAN 8 [5]



Obrázek 7: Kód UPC-E [6]

2.3.2.3.2 EAN 13

EAN 13 má základní charakteristiky stejné jako EAN 8 a je obdobou amerického UPC-A. Na rozdíl od EAN 8 schopen zakódovat 112 elementárních znaků, tudíž 13 číslic. První tři číslice jsou opět čísla označující mezinárodní prefix, 4 až 6 dalších číslic je neměnná identifikace firmy (smluvně přidělena GS1 Česká Republika), dalších 3 až 5 číslic je využito k identifikaci položky (určené firmou) a poslední číslice je opět kontrolní číslice. V České Republice je tak možné označit okolo 100 000 různých firem a každá firma má k dispozici cca 10 000 různých identifikačních čísel pro konkrétní výrobky.

Nejmenší možný rozměr kódu je 29,83 mm na šířku x 21,00 mm na výšku. [5]



Obrázek 8: Porovnání UPC-A a EAN-13 [7]



Obrázek 9: Kód EAN 13 [5]

Kontrolní číslice není kódu přiřazována náhodou, ale platí pro ni neměnný vzorec. Očíslují se číslice zprava doleva, přičemž kontrolní číslice se neuvažuje. Poté jsou sečteny číslice na pozicích s lichým indexem, pro ukázkou s kódem uvedeným na *obrázku 6* by výpočet vypadal: $9+7+5+3+1+5=30$, a tento součet je vynásoben třemi, výsledek je tedy 90. Dále jsou sečteny číslice na pozicích se sudým indexem, v tomto případě $8+6+4+2+9+8=37$. Následně jsou sečteny oba výsledky $90+37=127$. Výsledek je zaokrouhlen na desítky nahoru a od této hodnoty je odečten nezaokrouhlený výsledek, tedy $130-127=3$, což odpovídá kontrolní číslici na *obrázku 6*. Na internetových stránkách organizace GS1 Česká Republika si každý může kontrolní číslici vypočítat online nebo si do počítače stáhnout pro to určený software.

Tyto kódy lze ještě rozšířit o jeden ze dvou doplňkových symbolů o dvou či pěti znacích, které umožňují kódování doplňujících informací. V doplňkových symbolech se již nevyužívá kontrolní číslice. Může být využit i u UPC-A a UPC-E. [5]

EAN-13 barcodes with



Obrázek 10: EAN 13+5 a EAN 13+2 [8]

2.3.2.3.3 ISBN, ISMN, ISSN

Tyto tři zkratky jsou příklady speciálního využití EAN kódů. A to přesně pro číselné označování knih (International Standard Book Numbering), označování hudebnin (International Standard Music Numbering) a označování periodických tisků (International Standard Serials Numbering).

Systém mezinárodního standardního číslování knih – ISBN – byl na našem území zaveden v roce 1989. Celosvětovým orgánem systému je Mezinárodní agentura ISBN v Londýně, která každoročně vydává mezinárodní adresář nakladatelů. V roce 2014 byl počet nakladatelů z České Republiky v systému ISBN 6095. [9]



Obrázek 11: ISBN čárový kód [10]

Po úspěšném rozšíření ISBN se spustil systém ISMN a v České republice byl zaveden v roce 1996. Není využíván v tolika zemích jako ISBN (190), pouze v 60 a v České Republice ho v roce 2014 využívalo pouhých 100 hudebních vydavatelů. U ISBN i ISMN je využíváno třináctimístné číslo.

Systém ISSN byl zaveden v ČSSR v 70. letech 20. století. Rozšířen je do 90 zemí. Na rozdíl od ISBN a ISMN využívá k jednoznačné identifikaci titulu pouze osmimístného čísla. Účast v každém ze tří systémů je v České Republice dobrovolná.



Obrázek 12:ISSN čárový kód [11]

2.3.2.4 Codabar

Kód Codabar byl vyvinut firmou Monarch Marking Systems pro označování cen v maloobcho-
dech v roce 1972. Původní kód byl využit především jako vzor pro další tvorbu nových kódů. Jedná
se o numerický kód s proměnnou délkou. Je tvořen numerickými (0-9), šesti speciálními znaky (-
, \$, :, /, ., +) a čtyřmi speciálními *Start/Stop* znaky. Každý znak je tvořen sekvencí sedmi elementů,
4 čárky a 3 mezery (2-3 široké a 4-5 úzkých elementů). Jsou zde definovány dva tiskové poměry
mezi širokými a úzkými čarami či mezerami. První definuje poměr mezi širokou a úzkou čarou,
druhý mezi širokou a úzkou mezerou. Tyto poměry mohou nabývat hodnot mezi 3:1 a 2:1. Mezera
mezi diskrétními kódy je standardně rovna šířce modulu X, může být však až trojnásobkem X. Jako
Start/Stop znak může být použit jakýkoliv z kódovatelných znaků a zároveň tak může nést dodat-
kovou informaci. [3]

V roce 1977 použila firma American Blood Commission kód Codabar k označování krevních
vzorků. Podle počátečních písmen firmy se tento kód začal označovat ABC-Codabar. Rozdíl od pů-
vodního kódu je ten, že ABC-Codabar dokázal zakódovat i 4 písmena (A,B,C,D), která se používají
jako *Start/Stop* znak. U těchto kódů je tedy možné využít 16 různých *Start/Stop* kombinací
(A/A,A/B,B/C...). Kód musí obsahovat minimálně 5 znaků, *Start* znak, 3 kódované znaky a *Stop*
znak. V dnešní době je tento kód mezinárodně využíván k označení krevních vzorků v transfúzních
stanicích, v knihovnictví a v expresní přepravě.



Obrázek 13: Kód ABC-Codabar [12]

2.3.2.5 Code 39

Byl vyvinut v roce 1974 firmou Intermec. Jedná se o vůbec první alfanumerický čárový kód s variabilní délkou. Je schopen zakódovat číslice 0 až 9, písmena A až Z a sedm speciálních znaků. Jedním ze speciálních znaků je *hvězdička* (*), která je využívána pro *Start* a *Stop* znaky. Každý znak je tvořen pěti čarami a čtyřmi mezerami. Z těchto 9 elementů jsou vždy 3 široké a 6 úzkých. Nosičem zprávy jsou jak čáry, tak mezery. I *Code 39* může používat kontrolní číslici. [3]

Code 39 má i svou rozšířenou verzi *Full ASCII*, která dokáže zakódovat všech 128 znaků ASCII tabulky. Rozšíření je dosaženo kombinací znaku speciálního se znakem velké abecedy z *Code 39*.



Obrázek 14: Příklad kódu Code 39. Zdroj: vlastní úprava

Tento typ kódu je využíván především v automobilovém průmyslu, zdravotnictví a logistice.

2.3.2.6 Code 93

Byl vyvinut v roce 1982 firmou Intermec. Stejně jako v případě *Code 39* se jedná o alfanumerický kód s variabilní délkou. Je schopen zakódovat číslice 0 až 9, písmena A až Z z velké abecedy, 7 speciálních znaků a 4 znaky řídící. Znak * je opět využit jako *Start/Stop* znak. Stejně jako u rozšířeného *Code 39 Full ASCII* je kombinací řídících znaků a základních znaků možné zakódovat celou ASCII tabulku. Každý znak je tvořen sekvencí 3 čar a 3 mezer, kdy všechny elementy jsou nosičem informace. Šířka čáry či mezery se může pohybovat od jednonásobku až po čtyřnásobek šířky modulu. Kód má vysokou informační hustotu na jednotku délky a správné načtení kontrolují 2 kontrolní znaky. [3]



Obrázek 15: Příklad kódu Code 93. Zdroj: vlastní úprava

Kód je dodnes využíván kanadskou poštou. Dále se používá ve výrobě a zdravotnictví, hlavně tam, kde je potřeba větší míra zabezpečení. Není však tak často využíván jako jeho předchůdce *Code 39*.

2.3.2.7 Code 128

Byl vyvinut v roce 1981 firmou Compute Indentics. Opět se jedná o alfanumerický kód s variabilní délkou. Je tvořen 128 ASCII znaky, 4 speciálními znaky, 4 řídicími znaky, 3 *Start* znaky a 1 *Stop* znakem. *Code 128* má tři sady znaků. Sada A obsahuje číselné znaky, znaky velké abecedy, řídicí znaky a znaky speciální. Sada B navíc oproti sadě A obsahuje ještě znaky malé abecedy a sada C obsahuje dvojice numerických znaků, řídicí znaky a speciální znaky. Každý znak je tvořen sekvencí 3 čar a 3 mezer o délce 11 modulových šířek, výjimkou je *Stop* znak, který je 13násobkem modulové šířky. Stejně jako u *Code 93* má i *Code 128* vysokou informační hodnotu na jednotku délky. [3]

Speciální a řídicí znaky slouží jako příkazy pro dekodér. Znaky kód A, kód B, kód C a SHIFT je možné průběžně měnit výběr znakové sady. Samostatnými kódy jsou voleny sady odpovídající písmenu v názvu kódu. Znakem SHIFT přepínáme mezi sadami A a B.



Zde je uveden příklad. Sekvence 1 – kód A (start znakové sady A), 2- znak H, 3- znak I, 4 – kód C (start znakové sady C), 5 – dvojice numer znaků 34, 6 – „56“, 7 – „78“, 8- Kontrolní číslice „67“, 9- *Stop* znak, 10- znak ukončení

Obrázek 16: Příklad kódu Code 128 [13]

Code 128 se využívá pro označení logistických informací o výrobcích a jejich přepravních jednotkách, nebo například k označování patentů.

2.4 Dvojměrný čárový kód

Větší požadavky na informační kapacitu čárových kódů způsobily, že se začaly vymýšlet další možnosti, jak by šlo informaci do kódů uložit. Většina kódů totiž uměla pojmout pouze identifikační číslo, které se využilo k zjištění ostatních informací v nadřazeném systému. Některé kódy sice pojmully více informací, avšak požadavky byly stále větší a lineární kódy se nemohly stále zvětšovat, jelikož by to způsobovalo problémy s čtením kódu. Dvojměrné kódy pak mají až stonásobnou informační kapacitu než kódy lineární.

Dvojměrné čárové kódy se dělí na dvě skupiny:

- Skládané a víceřádkové čárové kódy – jedná se o několik lineárních kódů složených v jeden symbol
- Maticové kódy – zde je symbol tvořen tmavými a světlými body, podle jejichž maticových souřadnic se kóduje

I dvojměrné čárové kódy mají jisté charakteristiky. Avšak u každého typu kódu jsou tyto charakteristiky trochu jiné a tak budou uvedeny až v konkrétních příkladech.

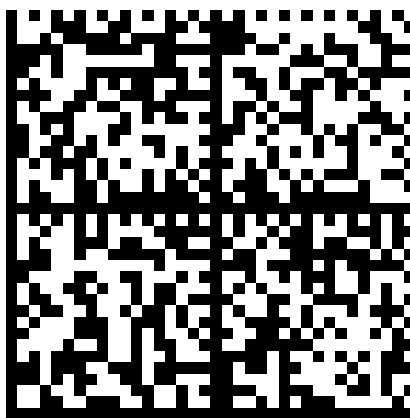
2.4.1 Nejpoužívanější 2D kódy

2.4.1.1 Data Matrix

Byl vyvinut v roce 1989 a stal se prvním velmi využívaným dvourozměrným čárovým kódem. Je schopen zakódovat celou ASCII tabulku. Skládá se z vyhledávacího znaku ve tvaru „L“, datové oblasti z tmavých či světlých buněk (kódovány do sloupců a řádků), tvořících obdélník či čtverec, a povinné ochranné zóny podél všech stran a zarovnávací znaky, které oddělují 4, 16 nebo 36 datových oblastí. Počet řad a sloupců musí být vždy sudý.

Vyhledávací znak tvaru „L“ slouží k zjištění orientace kódu, zároveň je použit jako 2 hraniční čáry, zbylé dvě určují počet řádků a sloupců. Je tedy jedno, jestli je kód snímán vzhůru nohama nebo pootočen, čtecí zařízení kód stejně načte. Má volitelnou korekci chyb a je schopen zakódovat až 1,5 kB. Nejmenší rozměr u čtvercového formátu je 3 x 3 mm, kde je možné zakódovat pouze 3 alfanumerické nebo 6 numerických znaků. Největší možný rozměr je 43,2 x 43 mm, tomu odpovídá 2335 alfanumerických, nebo 3116 numerických znaků. U obdélníkového formátu je nejmenší rozměr 2,4 x 4,5 mm a dokáže pojmout 6 alfanumerických nebo 10 numerických znaků a největší rozměr 4,8 x 14,4 mm, což odpovídá 72 alfanumerickým nebo 98 numerickým znakům. [14]

Jak je vidět, jeho informační hustota je opravdu veliká a při stejné informaci v kódu zabírá například oproti Code 39 30krát menší plochu.



Obrázek 17: Kód DataMatrix obsahující informaci: *Technická univerzita v Liberci; Studentská 1402/2; 461 17 Liberec 1; Tel.: +420 48 535 1111, Zdroj: vlastní úprava*

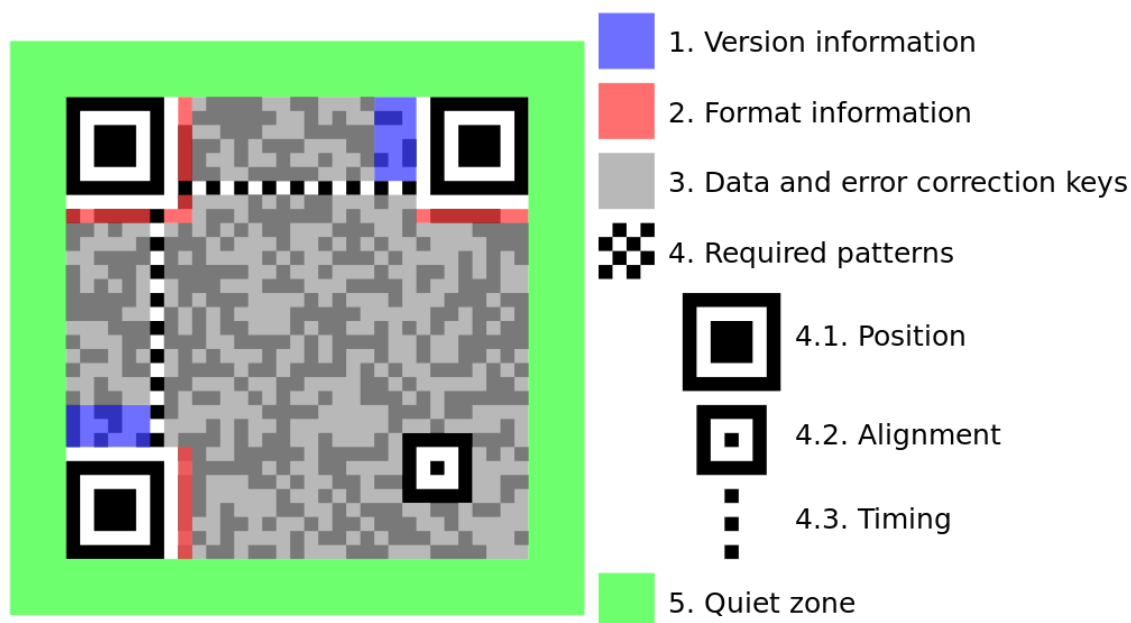
Jelikož kód využívá algoritmu (ECC200), který umožňuje bezchybné načtení i u poškozeného kódu (až 30%), má nízké požadavky na kontrast tisku a jeho rozměry mohou být miniaturní. Je využíván hlavně ve farmaceutickém průmyslu k označení zdravotních výrobků a chirurgických nástrojů, dále k označování mikroelektroniky či součástek během výroby. Jsou taktéž využívány v podmínkách, kde hrozí riziko poškození a kde by jiné kódy nebylo možné načíst. Využíván je především čtvercový typ kódu. Typ obdélníkový se využívá minimálně, jeho malá výška však může být výhodná při extrémně rychlém tisku. [15]

2.4.1.2 QR Code

Jedná se o nejpoužívanější dvourozměrný kód. Byl vyvinut v roce 1994 japonskou firmou Denso-Wave pro firmu Toyota. Zkratka QR pochází z anglického *quick response*, neboli „rychlá odpověď“. Kód je při maximální velikosti, kdy obsahuje 177x177 buněk, schopen zakódovat 4269 alfanumerických, nebo 7089 numerických znaků. Kód může mít 40 různých rozměrů, kde nejmenší obsahuje 21x21 buněk a je označován jako verze 1.

Kód je stejně jako předchozí tvořen do čtverce, obdélníkový formát se u QR kódů nevyskytuje. Ve třech rozích se nacházejí poziční značky tzv. *Finders*, které slouží, podobně jako znak „L“ u předchozího kódu, k určení orientace znaku. Ve čtvrtém rohu se nachází podobný čtverec tzv. *Alignment*, jako v ostatních třech, avšak v menším rozměru. Dále se na 6. řádku a sloupci nachází tzv. *Timing* vzor, v němž se mezi *Finders* střídají černé a bílé body. [16]

Podle popisu oblast číslo jedna obsahuje informaci o verzi, oblast číslo dvě obsahuje informaci o formátu, v celé šedivé oblasti jsou obsaženy data a části, které jsou používány ke korekci chyb, v oblasti čtyři jsou zde již zmiňované povinné značky, které však v micro QR nejsou použity všechny a oblast pět je povinná „tichá zóna“.



Obrázek 18: Struktura QR kódu [16]

Ke korekci chyby jsou definovány celkem čtyři standardy: L, M, Q, H. Standard H umožní přečíst kód až s 30% poškozené oblasti. Naopak třída L počítá maximálně se 7% poškození. Standardy L a M byly původně navrženy pro využití v elektronické a tištěné podobě, oproti třídám Q a H, které měly být schopny vyhovět v průmyslu, kdy mohou být kódy lehce znehodnoceny. Kódy s větší třídou korekce dokáží zakódovat méně informací, jelikož musí obsahovat ještě speciální výpočty, pomocí kterých se dopočítává poškozená část kódu. [17]



Obrázek 19: QR kód obsahující informaci: *Technická univerzita v Liberci; Studentská 1402/2; 461 17 Liberec 1; Tel.: +420 48 535 1111, Zdroj: vlastní úprava*

Díky široké podpoře různých znaků, umožňujících zakódovat japonštinu, azbuku a další složité jazyky, se QR kód velmi rozšířil, ze začátku hlavně v Japonsku a v Jižní Koreji. V dnešní době už se využívá v různých odvětvích, od automobilového průmyslu, po označování elektronických součástek, přes označení při přepravě, reklamě a marketingu až po označení filmů, potravin či památek, kdy si jedinec kód vyfotí a ihned získá informace o dané věci.

2.5 Pořizování čárových kódů

Existuje spousta technik tvorby čárových kódů. Výběr z nich musí být zvolen podle charakteristik využití kódu. Od tvorby klasických kódů, které mohou být při malém požadovaném množství vytisknuty na uživatelských tiskárnách, přes tisk čárových kódů přímo na obal po vytváření samostatné etikety. Záleží také na ceně tisku daného kódu, požadované životnosti či potřebné kvality kódu (podle hustoty čárového kódu). [3]

Hustota zápisu podle šířky modulu:

- Ultra High Density (velmi vysoká hustota) $X < 0.19 \text{ mm}$
- High Density (vysoká hustota) $0.19 < X \leq 0.24 \text{ mm}$
- Medium Density (střední hustota) $0.24 < X \leq 0.30 \text{ mm}$
- Low Density (nízká hustota) $0.30 < X \leq 0.50 \text{ mm}$
- Ultra Low Density (velmi nízká hustota) $X > 0.50 \text{ mm}$

Čím větší hustota kódu, tím větší nároky jsou kladeny na tisk a nestačí tak využití běžné tiskárny. Při větších požadavcích na kvalitu či kvantitu musejí být využity jiné typy tiskáren a ty budou v práci dále uvedeny.

Kódy však nemusí být pouze tisknuté. Existují speciální firmy, které například mohou čárový kód utkat do textilu. Pro výrobky využívající se v extrémních podmínkách je také možné použít tzv. přímého značení DPM (Direct Part Making), kdy je předmět označen natrvalo. Většinou se využívá kód Datamatrix a bývá na předmět vyráženo, vypálen laserovým paprskem nebo vlisováno.

Principy jednotlivých tiskáren jsou popsány v knize *Automatické identifikace – Čárové kódy* [3] a ve výukové materiálu Katedry oděvnictví TUL s názvem *Tiskárny a plottery* [18].

2.5.1 Bubnové tiskárny

Fungují na principu, kdy se přes válec pohybuje etiketa s barvicí páskou, čárový kód vznikne pomocí ťuknutí kladívka na tiskový buben (načasování je řízeno mikroprocesorem), kde se obsah tiskového bubnu přenesou přes barvicí pásku na papír. Tento tisk je možný až k tisku kódu s vysokou hustotou a dosahuje velké obrysové ostrosti. Nevýhodou je, že tiskový buben po použití už není možné využít k dalšímu tisku jiného kódu, tudíž je zde velmi malá flexibilita a vysoké náklady.

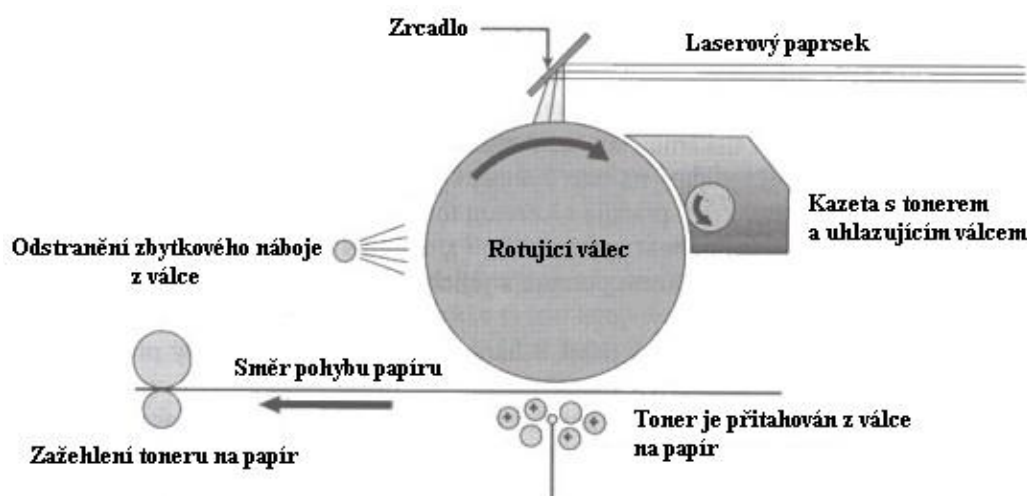
2.5.2 Jehličkové tiskárny

K tisku čárových kódů byla jako první využita jehličková tiskárna. Podobně jako u předchozí tiskárny, kdy se přes válec pohybuje etiketa a barvicí páska, avšak místo kladívka a tiskového bubnu je využívána elektromagnetická hlava, která obsahuje jehličky (v dnešní době 24 jehliček). Tyto

jehličky jsou poté vystřelovány vpřed a před barvicí páskou tisknou na papír jednotlivé body. Výhodou je vysoká flexibilita a nízká pořizovací cena. Nevýhodou pak nízká kvalita a pomalý tisk.

2.5.3 Laserové tiskárny

Laserové tiskárny fungují na elektrofotografickém principu. Ten je uveden na obrázku číslo 20. Pomocí nabíjecí jednotky se nabije rotující fotocitlivý válec a následně jsou místa, kam dopadne laserový paprsek, vybita. Na ty je nanášen tonerový prášek, který je následně přenesen na papír. Ten je pak stabilizován za vysokého tlaku a teploty. Výhodou je vysoká kvalita tisku, výkon a vysoká flexibilita.



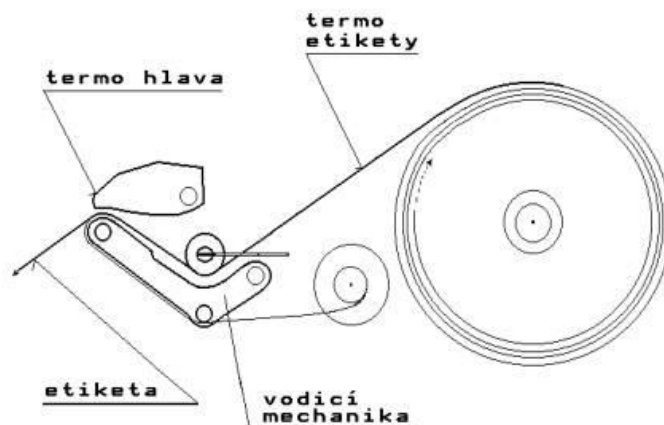
Obrázek 20: Princip laserové tiskárny [19]

Na stejném principu jako laserové fungují také LED tiskárny. LED je anglická zkratka pro Light- Emitting Diode – dioda emitující světlo. Zde je zdrojem světla polovodičová hlava LED, namísto laseru. Diody jsou nahuštěné vedle sebe v pásu a každá dioda reprezentuje jeden tiskový bod. LED tiskárny jsou menší a využívají méně pohyblivých částí než tiskárny laserové. Jsou tak velmi spolehlivé a případná údržba je taky velmi levná. Kvalita tisku je srovnatelná, LED tiskárna má dokonce ostřejší a jasnější detaily.

2.5.4 Termotiskárny

Při termotisku je využíván tzv. termopapír, což je speciální druh papíru citlivý na teplo. Ten se pohybuje pod tiskovou hlavou, která obsahuje jemné jehličky, které se zahřívají. Jakmile je jehlička vyhřátá na provozní teplotu, termopapír zčerná v místě, kde se ho momentálně jehlička dotýká.

Výhodou je hlavně jednoduchost tiskového mechanismu a to, že není potřeba žádné barvivo. Avšak potisk vytvořen termotiskárnou má nízkou životnost, a to hlavně při vyšších teplotách. Zároveň je tisková hlava mnohem více opotřebovávána.

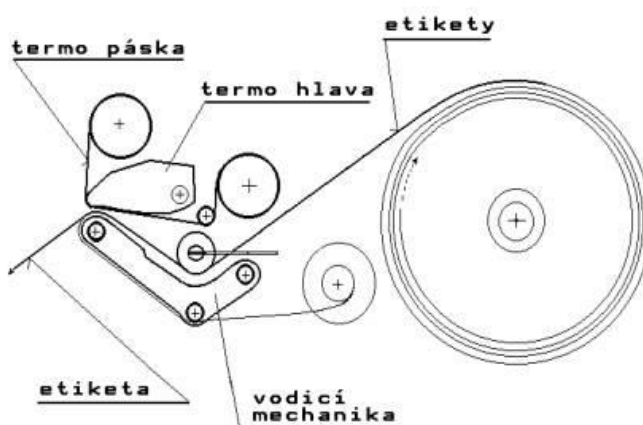


Obrázek 21: Princip termotiskárny [4]

Tato technologie je zřídka využívána u počítačových tiskáren, hlavně se používá faxovými přístroji, pokladními systémy a pro tisk čárových kódů, které nepotřebují dlouhou životnost (potravinářský průmysl).

2.5.5 Termotransferové tiskárny

Je složitější avšak univerzálnější než obyčejná termotiskárna. Tyto tiskárny mohou pracovat i jako obyčejné termotiskárny, kdy dokážou potiskovat termopapír. Lze však tisknout na různé materiály a to přes speciální barvicí pásku, která je opět zahřívána tiskovou hlavou. Barvicí páska pak uvolní barvu na papír nebo jiný materiál. Může být využito i více barvicích pásek najednou, takže může vzniknout barevný potisk, nebo mohou být použity speciální barvicí pásy, které pak mění vlastnosti potisku (větší odolnost aj.), tím je zvýšena nízká životnost termotiskáren. Další výhodou je také delší životnost tiskové hlavy oproti přímému termotisku. Nevýhodou je vyšší cena barvicí pásy a právě složitější tisková mechanika.



Obrázek 22: Princip termotransferové tiskárny [4]

Tyto tiskárny jsou využívány k nejpřesnějšímu tisku čárových kódů, pro tisk fotografií a k potisku plastových karet a štítků.

2.6 Snímání čárových kódů

Správné sejmutí (přečtení) čárového kódu je nejdůležitější částí celého procesu využití čárových kódů. Proto je nutné vybrat správný snímač hodící se do daných podmínek, tak aby pracoval co nejrychleji a co nejspolehlivěji. Snímačů je velké množství a rozdělují se hlavně podle dvou vlastností. Podle principu snímání na laserové a digitální a podle konstrukce na snímače s dekodérem a bez něho. Dále jsou také děleny na bezdrátové, kabelové a stacionární snímače. Dříve se snímače dělily i podle toho, jakým způsobem kód snímají, jestli paralelně nebo sériově. Avšak sériové snímání čárového kódu je dnes využíváno minimálně.

Každý snímač se principiálně složením téměř neliší a skládá se z několika modulů. Vstupní modul je v přímém kontaktu s čárovým kódem. Skládá se ze zdroje záření, optického systému a světlocitlivé součástky, která pak přijímá světlo odražené zpět od světlých buněk v čárovém kódu. Další modul elektronicky zpracovává signál, kdy jsou odfiltrovány jiné vlivy (například okolní světlo) a signál je tak upraven na tzv. obdélníkový tvar a tím pádem na logické hodnoty. Tento signál je pak odeslán do modulu pro logické zpracování signálu. Ten je také označován jako dekodér, jelikož pomocí kódovacích tabulek a algoritmů přemění logické hodnoty na znaky. Dekodéry mohou být součástí snímače nebo se mohou vyskytovat jako externí zařízení. Posledním modulem je modul výstupní. Ten již předává data, která obsahuje čárový kód, uživateli. Dekodér je k výstupnímu modulu (většinou počítači) připojen v dnešní době výhradně přes USB nebo po síti pomocí sítě Wi-fi, dříve bylo využíváno sériového rozhraní RS-232 nebo PS2. [3]

Ne každý snímač funguje na všechny druhy čárových kódů. Záleží na šířce kódu, šířce modulu, typu kódu a dalších vlastnostech. Další důležitou vlastností při výběru snímače je odolnost. V popisích prodejců čteček se proto nacházejí informace o tom, z jaké výšky může snímač spadnout na zem a zaručeně se nepoškodit. Existuje další nepřeberné množství specifických vlastností snímačů, a proto jich je na trhu opravdu velké množství.

2.6.1 Laserové snímače

Laserové snímače jsou využívány jako stacionární, například zabudované v pokladnách, tak i jako ruční snímače. Konstrukce snímače je poněkud složitá. Vstupní modul obsahuje laserovou diodu nebo laserovou trubici, optický systém a světlocitlivou elektronickou součástku. Laserový paprsek je pomocí zrcadel usměrněn na čárový kód. Tyto snímače však obsahují ještě tzv. polygonické zrcadlo, díky němuž paprsek kmitá a odráží se pod různými úhly, a tak obsáhne celý kód.

Existují však snímače, které mají stacionární paprsek, pak je nutné, aby paprsek přejel po celé délce čárového kódu. [3]

Výhodou laserových snímačů je, že se paprsek s větší vzdáleností příliš nerozptyluje, a tak mohou být kódy snímány ze vzdáleností až několika metrů a také to, že na snímání nemají vliv okolní světelné podmínky. Nevýhodou pak je nemožnost přečíst některé 2D kódy, velké množství součástí snímače, které se mohou porouchat a taky možná poškození zraku laserovým paprskem při neopatrném zacházení.

Pro zmenšení laserových snímačů a dosahování vyšších rychlostí snímání při nižší energetické náročnosti byla vyvinuta technologie MEMS. Zkratka vychází z anglického Micro-Electro-Mechanical Systems. Ta měla přinést ještě větší rozmach laserových snímačů, avšak opak byl pravdou. Tato technologie se neuplatnila a to především kvůli nižší kvalitě signálu, která omezovala dosah snímače a snížila účinnost při čtení poškozených nebo méně čitelných čárových kódů. [20]

2.6.2 Digitální snímače

Jsou vybaveny CCD nebo CMOS senzory a snímají obraz čárového kódu na obdobném principu jako digitálním fotoaparáty. Zkratka CCD pochází z anglického Charge-couple device a zkratka CMOS z anglického Complementary Metal–Oxide–Semiconductor. Mají jednodušší strukturu než laserové snímače. Také mají většinou menší rozměry a jsou levnější. Zde je vstupní modul reprezentován LED diodami, odražené světlo z LED diod je poté za pomoci zrcátka a čočky přeneseno na světlocitlivý snímač CCD. U lineárních snímačů jsou světelné senzory (CMOS nebo CCD) seřazeny do řady. Nevýhodou tohoto uspořádání je, že je omezena maximální šířka čárového kódu. U digitálních snímačů jsou pak obvody situovány do celých polí. Lze si je představit jako několik řad světelných senzorů využívaných u lineárních snímačů. Čočka tak promítá obraz čárového kódu na dvourozměrné pole. Poté je světlo převedeno na digitální obraz, dekodér ho zpracuje a pošle informaci uživateli.

Nevýhodou je malá vzdálenost bezproblémového snímání. Výhodou pak snímání většiny známých 1D, 2D kódů a zároveň znaků trvalého označení (DPM), možnost snímat kódy z jakéhokoli povrchu i obrazovky (mobilu či tabletu) a také v jakémkoli směru a malá pravděpodobnost mechanického opotřebení.

3 Technologie RFID

Již ve druhé světové válce byla potřeba rozeznávat různé objekty, nejčastěji pak blížící se letadla. Až tam sahají počátky radiofrekvenční identifikace. Prvním takovým projektem byl IFF (Identify Friend or Foe – rozpoznání přítele/nepřítele), kde byl na každé britské letadlo nainstalován vysílač, který když přijal signál z radaru na zemi, začal vysílat signál zpět, čímž se označil jako britský letoun. Na stejném principu funguje RFID dodnes. Vyšle se signál do tzv. tagu, štítku obsahující čip a anténu, který se aktivuje a vyšle signál (aktivní tag) nebo pouze odrazí signál zpět (pasivní tag). [21]

3.1 Historie technologie

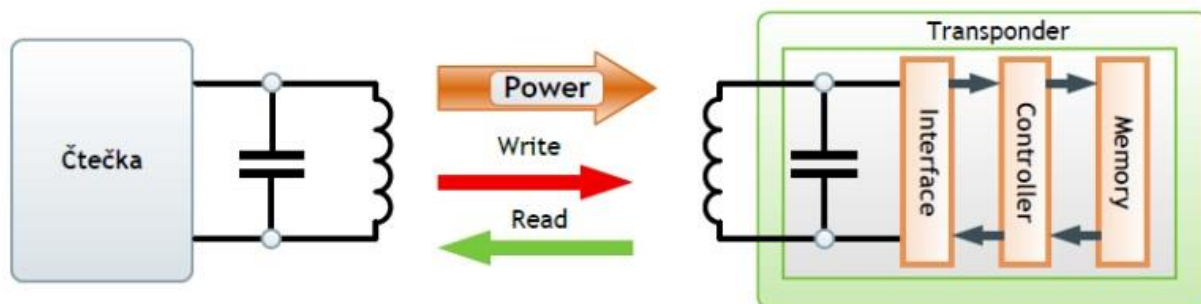
S myšlenkou RFID přišla největší maloobchodní firma WalMart, která před několika desetiletími stála i u zrodu čárových kódů. První patent na zařízení podobné RFID tagu s přepisovatelnou pamětí byl udělen v roce 1973 Mario W. Cardullovi. Avšak prvním, kdo měl na patentu poprvé zkratku RFID byl Charles Walton od roku 1983, který předvedl, jak lze odemknout dveře bez klíče pomocí tzv. „pasivního vysílače“. Dále přišla spousta nápadů využití RFID, například k označení dobytka, pro přehlednost očkování. Zlom však nastal až roku 1999, kdy bylo na MIT, Massachusetts Institute of Technology v Bostonu, vytvořeno výzkumné pracoviště Auto-ID Center. Zde byla profesory Sarmy a Brocka vyřčena myšlenka, aby se do RFID tagu zapisovalo pouze sériové číslo a tag byl propojen s online databází. Tím se RFID stala sítíovou technologií. V roce 2003 pak licenci na technologii získala UCC. Ta poté ve spolupráci s organizací EAN International založila společnost EPCglobal, ve stejném roce bylo Auto-ID Center zrušeno a jako náhrada vznikla síť výzkumných pracovišť Auto-ID, na jejíchž principech později vznikla evropská síť RFID pod záštitou GS1 in Europe. [21]

3.2 Princip RFID

Technologie RFID se skládá ze dvou hlavních prvků a to z transpondéru, také nazývaného jako tag, čtečky a podpůrného systému, jako jsou počítače nebo databáze. Jak již bylo zmíněno výše, transpondéry mohou být dvou typů. Pasivní a aktivní.

Hlavním rozdílem je, že pro pasivní transpondér je využívána energie vyslaná ze čtečky. Čtečka vyšle na dané frekvenci elektromagnetickou vlnu, kterou přijme anténa transpondéru, napětí vyvolá elektrický proud, který nabije kondenzátor v transpondéru. Energie je pak využita pro logické a rádiové obvody transpondéru. Když je energie dostatek, spustí se řídicí obvody uvnitř tagu a ten začne

odesílat odpověď čtečky. Změnou impedance antény vznikají odrazy a ty jsou čtečkou přečteny jako logické 1 a 0. Pomocí modulace magnetické vlny je možné do tagu i zapisovat. [22]



Obrázek 23: Princip pasivního RFID [22]

Pasivní transpondér je výrazně levnější než transpondér aktivní. Bezproblémové čtení je závislé na typu čtečky a frekvenci, na které pracují. Většinou je však uváděna vzdálenost u UHF (Ultra High Frequency) cca 5 m, poté je s rostoucí vzdáleností signál méně kvalitní a přibývá šumu. Další výhodou pasivních tagů je velmi dlouhá životnost.

Aktivní transpondér pak oproti pasivnímu má vlastní zdroj energie, v podobě baterie, který je využíván právě pro napájení mikročipu či senzorů a pro odesílání uložených dat a také obsahuje větší paměť a může tak pojmout více informací než pasivní transpondér. Vzdálenost bezproblémového čtení je díky vlastnímu zdroji mnohonásobně vyšší než u tagů pasivních. Avšak je třeba baterii měnit a funkčnost tagu je také mnohem více náchylná na okolní podmínky. Zároveň jsou aktivní tagy rozměrově větší a cenově dražší a tak jsou využívány méně než tagy pasivní. Využívají se především pro sledování automobilů, zvířat či osob a také tam, kde může být opakovaně použit.

Existují také semipasivní transpondéry, které mají vlastní zdroj energie, avšak fungují na principu pasivních tagů, tudíž čekají na aktivaci pomocí signálu od čtečky.

3.3 Možná dělení RFID tagů

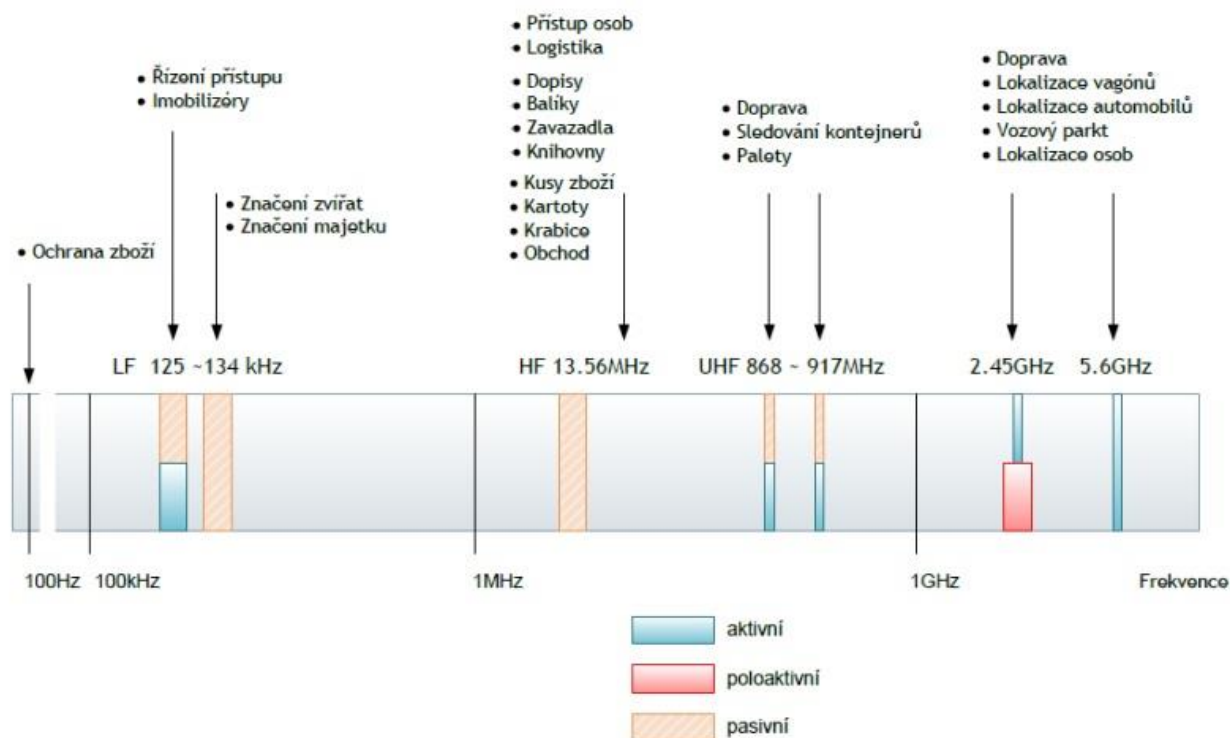
Technologie RFID se nedělí pouze podle toho, jestli jsou transpondéry aktivní nebo pasivní. Další vlastnosti, podle kterých se RFID dělí, jsou:

3.3.1 Používaná frekvence

Podle použité frekvence se RFID rozděluje na 4 kategorie:

- **Nízká frekvence** (LF – Low Frequency) - 125 – 134 kHz, obvyklý maximální dosah čtecího zařízení do desítek centimetrů
- **Vysoká frekvence** (HF – High Frequency) – 13,56 MHz čtecí vzdálenost do jednoho metru

- **Ultravysoká frekvence** (UHF – Ultra High Frequency) - 850 – 950 MHz – záleží na regionu (Evropa v Regionu 1 od 865 – 869 MHz spolu s Afrikou), úspěšné načtení do desíti metrů
- **Mikrovlnná frekvence** (MW – Microwave) – 2,45 GHz (nejběžnější), 5,6 nebo 9,6 GHz, možná komunikace až na vzdálenost desítek metrů



Obrázek 24: Využití různých frekvencí RFID v praxi [22]

Na obrázku 24 můžeme vidět v jakých odvětví se RFID tagy s danou frekvencí využívají.

3.3.2 Typ paměti

- **Read-Write** – do tohoto typu paměti lze opakovaně zapisovat až 32 kB paměti EPROM. Jelikož zařízení RFID s tímto typem paměti je cenově poměrně náročné, využívá se v tzv. uzavřené smyčce, kde se po expedici obal výrobku (paleta, kontejner) s tagem vrací na začátek výroby a tam se přiřadí novému výrobku.
- **Read-Only** – do tohoto typu jsou informace nahrány již při výrobě, většinou se jedná pouze o číslo EPC, avšak mohou do něj být nahrány i další podrobnosti o výrobku. Dalším přepisem je také možné veškeré informace v tagu znehodnotit (využití v obchodních domech, informace je znehodnocena, jakmile přejde přes pokladnu).

3.4 EPC Standard

Podobně jako při používání čárových kódů, byl cílem organizace EPCglobal řídit identifikaci produktů na světovém trhu pomocí jednoznačného kódu. Tím kódem je takzvaný EPC (Electronic Product Code), který je základním kamenem pro úspěšnost komunikačního systému EPC Global Network. RFID tag nese EPC kód o dané struktuře: [22]

- **Záhlaví:** definuje typ zakódovaného údaje v EPC: GTIN, SSCC, GRAI (8 bitů)
- **EPC Manager:** identifikuje konkrétní společnost (28 bitů)
- **Object Manager:** identifikuje druh výrobku nebo typ položky (24 bitů)
- **Pořadové číslo:** identifikuje konkrétní položku daného typu, druhu (36 bitů)

Struktura EPC



GTIN 13:

859	1234	56789	3
-----	------	-------	---

GS1 prefix firmy

Typ výrobku



EPC:

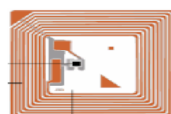
...	859	1234	56789	0000000123456
-----	-----	------	-------	---------------

Záhlaví

EPC Manager

Pořadové číslo

Object Manager



Obrázek 25: Struktura kódu EPC oproti GTIN 13

Na obrázku je vidět také příklad standardu pro čárové kódy, GTIN (Globální identifikační číslo obchodní jednotky). Jak je z obrázku patrné, struktura GTIN je stejná jako struktura EAN 13.

EPCglobal Network je systém, který umožňuje sdílení informací o označených objektech v logistickém řetězci. Jeho cílem je zefektivnění procesů na základě informací, kde se daný produkt nachází, jaký je časový interval mezi dvěma načteními EPC kódu apod. Tento systém obsahuje kromě EPC kódu ještě další části: [23]

- **EPC Middleware** – filtrující a směrovací software, který předává data do další komponenty
- **EPCIS (EPC Information Services)** – databáze údajů o načtených EPC kódech u daného uživatele, který současně rozhoduje o zpřístupnění informací ostatním obchodním partnerům

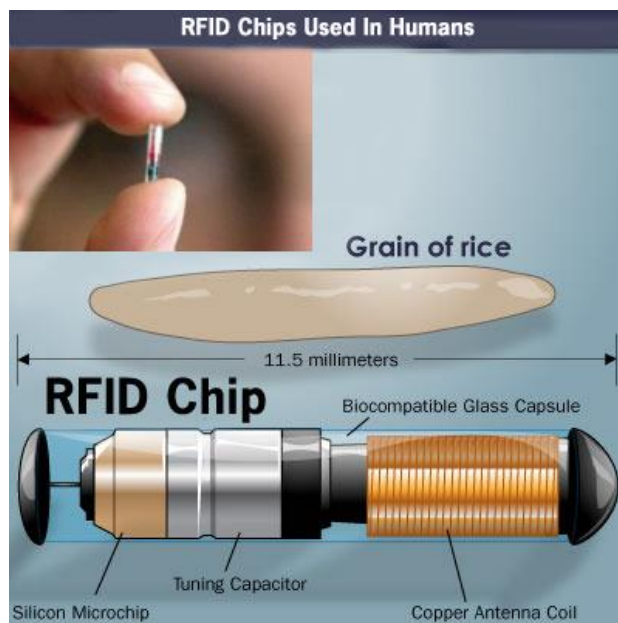
- **Vyhledávací služby**, jejich součástí je systém pojmenování objektů **ONS** – vyhledávací služby fungují pomocí kódu EPC, kdy autorizovaný uživatel zadá kód do vyhledávací sítě EPCglobal Network a pomocí ONS jsou lokalizovány všechny databáze, ve kterých daný EPC kód figuruje

3.5 Výroba RFID tagů

Existuje spousta typů RFID tagů a u každého jsou využívány jiné principy výroby, jiná konstrukce, či jiné materiály, ze kterých jsou vyrobeny. Neustále jsou však vyvíjeny nové typy, a tak je těžké obecně říct, jak se vyrábějí a které se využívají nejvíc. V práci tak budou uvedeny jen některé z hlavních typů.

3.5.1 Skleněné tagy

Jedním z prvních vyráběných typů byly transpondéry skleněné. Od počátku se využívají především v lékařství a v označování zvířat či lidí. Skleněná tuba je většinou naplněna kapalinou, která zabraňuje mechanickému poškození, v ní se nachází mikročip, kondenzátor a anténa, jak je vidět na obrázku 26.



Obrázek 26: Struktura skleněného tagu [24]

3.5.2 Tagy v lisovaném obalu

Těchto tagů se na trhu nachází nepřeberné množství a každý může vypadat trochu jinak. Jeden má tvar mince, druhý tvar klíčenky a další například tvar visačky. Dále se liší materiálem, do kterého je čip vložen. Většinou se jedná o plast, ale existují také čipy vlisované do kovu, které vynikají především extrémní odolností.



Obrázek 27: Příklady RFID tagů [25]

Na obrázku 25 je vidět některé z uvedených typů lisovaných tagů. Speciálním typem jsou pak PVC karty, kde je tag laminován mezi dvě vrstvy PVC folie za vysokého tlaku a teploty 100°C. Karty mají větší rozměry než jiné typy tagů, ale díky tomu je možnost do nich umístit větší anténu a tím zvýšit jejich dosah.

3.5.3 Smart label

V dnešní době již nejpoužívanější typ transpondéru, hlavně díky velmi nízké pořizovací ceně oproti ostatním typům. Levnější jsou především kvůli jednoduchosti výroby. Tyto „chytré etikety“ jsou vytvořeny pouze tiskem. Jedná se o dvouvrstvý štítek, kdy na spodní je vytištěn čip s anténou, který je pak překryt druhou vrstvou, na kterou je možné vytisknout další informace o výrobku, nebo čárový kód. Ze zadní strany je pak štítek natřen lepidlem, aby mohl být jednoduše aplikovatelný na palety, obaly či přímo na výrobky. Tyto tagy jsou většinou dodávány jako samolepící štítky zabalené do rolí.

Výhodou těchto tagů je především dvojitá kontrola identifikace, tudíž když nastane nějaký problém s RFID, je tu ještě možnost načtení čárového kódu. Nevýhodou je pak nižší odolnost než u lisovaných tagů.

3.6 Čtecí zařízení

Na trhu se nachází velká spousta RFID čteček, dělí se hlavně podle frekvence, typu použití a dalších vlastností. Skládá se ze tří hlavních částí: antény, rádiového rozhraní a řídicí jednotky. Ne vždy jsou všechny tyto komponenty součástí samostatné čtečky, někdy je anténa externí. Funkuje na principu vysílání rádiového signálu na určité frekvenci s určitou vlnovou délkou, daný signál pak narazí na anténu, která pracuje na stejné frekvenci a ta pak signál u pasivních tagů odráží zpět. Čtečka zároveň signál i přijímá, od aktivních tagů přichází signál analogový a je transformován do podoby digitální. [26]

Hlavními funkcemi čteček jsou:

- Čtení údajů uvnitř RFID tagu
- Přenos energie pasivním tagům
- Zapisování dat do tagu (u Read-Write tagů)
- Přenos dat do řídicí jednotky (počítače)
- Ověření platnosti tagu

Čtečky lze rozdělit na 2 hlavní typy a to na čtečky mobilní a stacionární.

3.6.1 Stacionární čtečky

Jak již název napovídá, tyto čtečky jsou většinou vestavěné a tím pádem nepřenosné. Nacházejí se například ve vstupních branách do skladu, na dopravnících nebo na vysokozdvizných vozících. Zároveň mají externí anténu, většinou ne jenom jednu, ale více umístěných systematicky, aby se zlepšilo pokrytí prostoru čtecím signálem. [26]

3.6.2 Mobilní čtečky

U druhého typu čteček je anténa obsahem společného pouzdra jako rádiové rozhraní a řídicí jednotka a je možné ho využít pro ruční použití. Většinou jsou pak přes Wi-fi připojeny k počítači a odesílají mu nahraná data. Další možností je, že data ukládá do vnitřní paměti a při dalším připojení k počítači, například přes sériovou linku, se data nahrají do počítače. Existují také speciální čtečky, které jsou schopné zároveň snímat čárový kód a číst, nebo zapisovat do RFID tagu. [26]

4 Čárové kódy versus RFID

Jaká technologie je tedy lepší? To je různé v závislosti potřeb dané firmy. Hlavními výhodami RFID oproti čárovým kódům jsou:

- **Načítání více tagů zároveň** – jelikož technologie RFID umožňuje načítání více tagů zároveň, je zde velké množství ušetřeného času a tím pádem i peněz
- **Identifikace bez nutnosti přímé viditelnosti** – opět velká úspora času, kdy není potřeba manipulace s objekty, pro přímé načtení kódu, stačí být jen v určité vzdálenosti a informace je načtena
- **Větší kapacita nosiče a rychlejší čtení** – podle rychlosti čtení se dělí tagy na čtyři skupiny, ta nejrychlejší má rychlost čtení až 1600 tagů za sekundu
- **Možnost zápisu dalších informací do tagu** – informace mohou být u *read-write* typů do nekonečna přepisovány
- **Real-time informace** – lepší přehled o pohybu objektu, což má za následek zefektivnění výroby, snížení zásob, zlepšení řízení zásob
- **Delší životnost** – samozřejmě záleží na přesných podmínkách, ve kterých budou tyto technologie porovnávány, zpravidla ale mívá RFID delší životnost než čárový kód
- **Lepší ochrana** – patentová ochrana a zároveň kontrola při čtení zaručuje větší ochranu proti padělání než u čárových kódů

Naopak pro čárové kódy hovoří tyto faktory:

- **Velmi nízká pořizovací cena** – jelikož čárové kódy lze vytvořit i na obyčejné domácí tiskárně a jsou záležitostí pouze jednoduchého tisku, je pořizovací cena velmi nízká. Firmy si tak musí uvědomit, jestli se jim vyplatí investovat do rychlejší, ale dražší technologie RFID, nebo si vyberou čárové kódy, kde bude identifikace trvat déle
- **Nižší cena potřebných prvků ke snímání** – čtečky RFID bývají dražší, než čtečky čárových kódů, a to hlavně v případě stacionárních čteček, kdy jsou k RFID technologii pořizovány antény ve větším množství
- **Možnost přečíst informaci o produktu pouze pohledem** – zároveň u čárových kódů není problém s některými kovy nebo kapalinami, které mohou rušit rádiové vlny
- **Větší spolehlivost** – u přímého načítání je jistota, že byl kód načten, zatímco u RFID technologie není zaručeno, že byly načteny všechny tagy, a to například z důvodu nedostatečné síly signálu

5 Problematika daných technologií ve vybraném podniku

Spousta firem hledá nejlepší možné řešení pro automatickou identifikaci jejich výrobků. Tak, aby byla výroba co nejefektivnější, za co nejmenší cenu. Mně byla tato práce zadána pod společností Magna Bohemia Liberec.

5.1 Historie společnosti

- **1946** – založení podniku *Plastimat národní podnik* se sídlem v Jablonci nad Nisou, zde se v padesátých letech začaly vyrábět výlisky pro automobilový a elektrotechnický průmysl
- **1963** – byla dokončena 1. etapa výstavby závodu Liberec – z počátku se zde vyráběly přepravky z polyetylénu a přepravky na lahve
- **1982** – byl vyroben první nárazník pro automobilový průmysl
- **1987** – byla zahájena velkoplošná výroba vstřikovaných dílů pro automobily
- **1990** – byla založena akciová společnost *Plastimat* (předcházela ještě *Plastimat státní podnik*), společnost se začala výhradně orientovat na automobilový průmysl. O rok později byla začleněna do německé společnosti *Eurotec Systemteile GmbH*.
- **1996** – nový název *Peguform Bohemia a.s.*, závod v Liberci byl přestaven (nové lakovny pro velké i interiérové části vozů)
- **1999** – společnost byla začleněna do americké společnosti *Venture*, která po spojení s evropskou částí obsahovala 60 závodů po celém světě
- **2009** – změna názvu společnosti na *Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.* a zároveň připojení k celosvětové společnosti *Magna s.r.o.*
- **2010** – společnost pod svou záštitu získává ruské závody (Kaluga, Nizhny Novgorod, St. Petersburg)
- **2012** – otevření závodu v německém Meerane

V dnešní době spadá pod společnost *Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.* 8 závodů. Již zmiňované tři ruské závody a jeden německý, poté závod v Maďarském Esztergomu, a tři české závody, v Libáni, v Nymburce a v Liberci. Práce je podle zadání zadavatele zaměřena pouze na závod v Liberci.

5.2 Momentální stav problematiky

Momentálně se firma výhradně specializuje na automobilový průmysl a to především na plastové díly a komplety. Na obrázku níže je zobrazen graf podílu výroby jednotlivých výrobků.



Obrázek 28: Podíl výroby v Magna Bohemia s.r.o [27]

Mimo to se ve firmě vyrábí zadní dveře na elektromobil BMW i3. Na lince, vyrábějící právě tuto část, byly porovnávány časy ušetřené při identifikaci pomocí RFID oproti identifikaci pomocí čárových kódů. Jedná se totiž o jedinou oblast ve firmě, kde se v současnosti RFID využívá. Dále bude v práci uvedena metodika srovnání použitých technologií.

5.3 Metodika srovnání použitých technologií identifikace

Jako metodiku srovnání jsem po několika konzultacích v provozu zadavatele a sledování používání identifikace na několika linkách, navrhl výpočet s různými parametry, které ovlivňují rozhodování o výběru identifikace mezi technologií RFID a čárovými kódy (dále ČK). Každý navržený parametr má svou váhu v závislosti na tom, jak moc ovlivňuje výrobní proces. Zároveň má taky svou vlastní škálu výhodnosti pro dané technologie. Vybranými parametry jsou:

- **Počet míst identifikace** – Při časté manipulaci a snímání může být čárový kód nebo výrobek poškozen. Tato nebezpečí pro technologii RFID nehrozí, jelikož je čip snímán z bezpečné vzdálenosti. Naopak pro řídkou identifikaci je implementace RFID drahá. Váha tohoto parametru je 1, tudíž méně podstatná. Škála výhodnosti:
 - 1-3 místa identifikace – výhodnost RFID: 1, výhodnost ČK: 5
 - 4-5 míst identifikace – výhodnost RFID: 3, výhodnost ČK: 4
 - 6-10 míst identifikace – výhodnost RFID: 3, výhodnost ČK: 3
 - 10-20 míst identifikace – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 2

- **Přístup ke štítku** – Zde je hodnocena jedna z největších výhod RFID. Jestliže je nemožné se ke štítku dostat, ať už z důvodu toho, že štítek je již zastaven například plasty, nebo kvůli velmi složité manipulaci s výrobkem, není možné zde využít čárové kódy. Váha tohoto parametru je 2. Škála výhodnosti:
 - *Nemožný přístup ke štítku* – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 1
 - *Obtížný přístup ke štítku* – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 2
 - *Bezproblémový přístup ke štítku* – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 4
- **Potřeba ukládání dalších informací** – Jestliže je zákazníkem požadováno, aby byly informace v průběhu výroby ukládány přímo na štítek/čip označující výrobek, jsou pouze dvě možnosti jak to uskutečnit. První je využití RFID technologie, druhou možností je použití 2D čárových kódů, které taky dokážou pojmout velké množství informací, avšak štítek by musel být vytištěn několikrát s přibývajícími informacemi. Váha tohoto parametru je 1. Škála výhodnosti:
 - *Nikdy* – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 5
 - *Výjimečně* – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 4
 - *Často* – výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 2
- **Potřebná rychlost načítání** – U RFID je možné načítat více tagů najednou a načtení je téměř okamžité. Při využití ruční čtečky čárových kódů je zde prodleva způsobená lidským faktorem. Váha tohoto parametru je 3, což značí velkou důležitost. Škála výhodnosti:
 - *1 ks/10s* - výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 5
 - *1 ks/1s* - výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 2
 - *>10 ks/1s* - výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 1
- **Robustnost systému** – Při selhání načtení kódu je mnohem jednodušší napravit toto selhání u čárových kódů. Zde stačí vytisknout nový štítek a znovu načíst. U technologie RFID ani nemusíme zjistit, že se označený výrobek nenačetl. Samozřejmě se jedná o systém, kde technologie RFID není jistěna právě čárovým kódem pro tento případ. Váha tohoto parametru je 3. Škála výhodnosti:
 - *Potřebná náprava do 1 minuty* - výhodnost RFID: 1, výhodnost ČK: 5
 - *Potřebná náprava do 10 minut* - výhodnost RFID: 2, výhodnost ČK: 5
 - *Jistěný systém* - výhodnost RFID: 3, výhodnost ČK: 3

- **Zisk z výrobku vzhledem k nákladům implementace dané technologie** – Peníze ve výběru technologie samozřejmě hrají taky velmi důležitou roli. Technologie RFID je k zavedení podstatně dražší, než technologie ČK. A jestliže zisk z výrobku nebude dostačující k tomu, aby zrychlení identifikace vedlo k návratnosti pořizovacích nákladů do určitého časového období, bude cena značnou výhodou pro čárové kódy. Váha tohoto parametru je 2. Škála výhodnosti:
 - *Návratnost do 1 roku* - výhodnost RFID: 4, výhodnost ČK: 5
 - *Návratnost do 5 let* - výhodnost RFID: 3, výhodnost ČK: 5
 - *Návratnost po více než 5 letech* - výhodnost RFID: 2, výhodnost ČK: 5
- **Prostředí a rizikové faktory** – Pro obě technologie existuje spousta rizikových faktorů, které by mohly ovlivnit jejich správné fungování. Váha tohoto parametru je 1. Škála výhodnosti:
 - *Vysoká teplota* - výhodnost RFID: 4, výhodnost ČK: 2
 - *Vlhko* - výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 2
 - *Kovové konstrukce* - výhodnost RFID: 2, výhodnost ČK: 5
 - *Rušivé prvky RFID* - výhodnost RFID: 1, výhodnost ČK: 5
 - *Chemické působení na štítek* - výhodnost RFID: 5, výhodnost ČK: 1

Pokud se ve vybraném procesu budou vyskytovat některý z uvedených rizikových faktorů, bude s ním počítáno podle uvedené škály. U faktorů, které se v procesu vyskytovat nebudou, napíšeme do škály výhodnosti 0. V následující tabulce jsou předvyplněny všechny rizikové faktory, tudíž by se jednalo o proces kde je vysoká teplota, vlhké prostředí, nachází se zde kovové konstrukce a další rušivé prvky RFID a také na štítek působí chemická reakce. Ostatní parametry jsou uvedeny pouze obecně a při srovnání do nich budou uvedeny hodnoty ze škály podle předchozí analýzy.

Tabulka 1: Metodika srovnání použitých technologií

	1-3 s rostoucím číslem rostoucí váha	1-5 s rostoucím číslem rostoucí výhodnost	
Identifikovaný výrobek ve výrobním procesu	Váha parametru	Čárový kód	RFID
Počet míst identifikace	3		
Přístup ke štítku / čipu	2		
Potřeba ukládání dalších informací	3		
Potřebná rychlost načítání	1		
Robustnost systému	3		
Zisk z výrobku vzhledem k nákladům na implementaci dané technologie	2		
Prostředí a rizikové faktory:	Mezivýsledek bez riz. fakt.:	0	0
Vlhkost	1	2	4
Vysoká teplota	1	2	5
Kovové konstrukce	1	5	2
Chemické působení na štítek	1	5	1
Rušivé prvky RFID	1	1	5
Kompletní výsledek srovnání		0	0

5.4 Proces výroby pátých dveří BMW i3

Proces výroby začíná u vstřikovacího stroje. Zde je ve formě za určitého tlaku a teploty vyroben plastový rám, na který se v dalším postupu montují skla a další komponenty. Poté, co je rám vyli-sován a zahlášen kontrolérem u výstupu jako tzv. *OK kus*, tedy kus bez vady, který může pokračovat dále do výroby, je vytisknut *smart label* nebo čárový kód, který obsahuje informaci, v jaký čas byl výlisek vytvořen a jaké má pořadí v dané sekvenci. V tomto případě začínají sekvence od nuly každý nový den). Tato informace je propojena s určitým požadovaným výrobkem v SAPu. Díky kterému poté pracovník ví, jaké komponenty na dveře namontovat.

Smart labely jsou vytvářeny na tiskárně *Zebra RZ400*, která zakóduje informaci do etikety s RFID tagem, provede ověření správnosti a následně potiskne etiketu. Jelikož měla firma nějaké interní problémy s používání RFID, přešlo se na přechodné záložní řešení a to identifikací pomocí čárových kódů i na této lince. Čárový kód byl vytisknut na stejném místě, jako se vytvářel *smart label*, avšak na termotiskárně *E-Class MarkII*. Štítek s čárovým kódem nebo se *smart labelem* je u všech výlisků umístěn na jednom určitém místě. Při využití RFID technologie to má velký význam, což bude patrné z dalšího popisu výrobní linky.



Obrázek 29: Tiskárna smart labelů Zebra RZ400 (vlevo) a termotiskárna čárových kódů Datamax (vpravo) [28] [29]

Označené výlisky jsou zasazeny do přepravníků a jsou pomocí vysoko zdvižných vozíků přesunuty na vedlejší halu, kde se nachází poloautomatická výrobní linka pro páte dveře.

Z přepravníků si je poté bere pracovník, který je usazuje do měřicího zařízení, kde jsou laserem změřeny přesné rozměry výlisku. Informace o výsledcích měření jsou zaznamenány do databáze, do které se zapisují informace o každé provedené činnosti na daném výrobku, poté, co je pomocí stacionárních RFID čteček identifikován. Následně je tento rám umístěn do místa, ze kterého si ho odebírá již plně automatická lepicí linka. V paralelní části linky je podobná část, kam jsou umísťovány dodané komponenty (skla), které jsou v automatické části přilepeny na rám.

Když jsou na rám přilepeny obě skla, rameno automatické linky přesune předpřipravené dveře k odběru pracovníkovi, který začíná s montáží nezbytných komponent. Ten odebere dveře a umístí je do vozíku, který si poté přesune ke svému pracovišti. Zde se vozík zastaví před stacionární RFID čtečkou. V případě, že se využívá pouze záložní řešení, je vozík zastaven a pracovník musí vzít ruční čtečku čárových kódů a daný kód sejmout, poté mu až systém dovolí začít pracovat na dveřích a na obrazovce mu vypisuje úkony, které musí provést.

Pokud je využívána technologie RFID, vozík se zastaví, čidlo tím dá signál čtečce, aby začala 2 sekundy vysílat, a přijme tak odražený signál od RFID tagu. Jelikož jsou v blízkém okolí další RFID tagy, je potřeba mít čtečky správně nakonfigurované, tedy musí mít omezený rozptyl a nastavenou vzdálenost čtení. Proto je potřeba, aby tag byl nalepen vždy na přibližně stejném místě. Do databáze jsou potom postupně nahrávány informace jako například: *Byl namontován zadní stěrač – 14:22:23*.

Takto postupují vozíky přes 3 pracoviště, kdy každé obsahuje stacionární čtečku. Na těchto pracovištích je na zadní dveře namontována elektronika, stěrač, znak, typ auta a další. Na posledním, čtvrtém pracovišti je již kompletní výrobek zkontrolován a označen za *OK kus*, nebo za tzv. *NOK kus*. NOK kus je poté poslán na *repas*, kde se zjišťuje, jestli se výrobek musí celý vyhodit, nebo se dá opravit, či se z něho dají využít některé komponenty. Ke každému hotovému výrobku je poté přiložen původní formulář, který označovali pracovníci ruční linky, jakmile na něj namontovali všechny požadované části. Dále je přiložen seznam komponent, které právě tyto zadní dveře obsahují. Jestliže je vše v pořádku, jsou tyto výrobky po 4 kusech umístěny do přepravních beden.



Obrázek 30: Zadní dveře elektromobilu BMW i3, Zdroj: vlastní úprava

Každá přepravní bedna je označena číslem, které je poté zakódováno do čárového kódu a ten je vytisknut na přiložený formulář, který zároveň obsahuje seznam výrobků v bedně. Při expedici se tedy již nenačítají samostatné výrobky, ale celá přepravní bedna. Zde se již technologie RFID nevyužívá, což je podle mého názoru chyba, jelikož když už je jednou RFID tag využit, měl by být snímán po celou dobu až do expedice výrobků a ne pouze při výrobě a poté využívat technologii čárových kódů.

5.4.1 Výhody využití RFID při výrobě pátých dveří

Sledováním a analýzou fungování celého procesu výroby a využitého způsobu identifikace na místě samém, jsem vyhodnotil, že hlavními výhodami při využití technologie RFID jsou:

- **Jednodušší zpětná dohledatelnost informací** – firma má pro technologii RFID vyvinutou databázi, která stojí nejvýše v systému řízení výroby a informace po načtení jsou ukládány přímo do této databáze. Při využití čárových kódů je informace ukládána také do databáze, avšak do databáze lokální a při zpětné dohledatelnosti je potřeba procházet více databází, což trvá podstatně déle.
- **Prívětivější načtení potřebné informace** – při využití *smart labelu* přijede vozík a identifikační číslo výrobku je okamžitě načteno pomocí stacionární čtečky. Při využití čárových kódů je potřeba, aby pracovník vzal do ruky ruční laserovou čtečku a kód načetl. Zaprvé mu tato činnost zabere určitý čas, v průměru 10 sekund na každém stanovišti, za druhé zde hrozí poškození výrobku při neopatrném zacházení se čtečkou.
- **Moderní technologie** – postupem času se v automobilovém odvětví bude RFID technologie využívat čím dál tím častěji, a někteří zákazníci mohou právě tuto technologii na svých výrobcích požadovat.

5.4.2 Zhodnocení pořízení technologie RFID na vybraný proces

Z materiálů poskytnutých firmou Magna Bohemia Liberec, bylo zjištěno, že pořizovací cena celého systému, který umožní využívat technologii RFID, byla 39 245 €, co je přibližně 1 mil. Kč. Z toho:

- **Instalace hardware a kabeláže** – 13 882,96 €
- **Služby** – 15 362,03 €
- **Software** – 10 000 €

Sledováním daného procesu bylo vypočteno, že průměrná doba výroby jedné dveře, při využití identifikace pomocí čárových kódů, je 4 minuty a 30 sekund. Při využití technologie RFID, se čas výroby jedné dveře sníží na 4 minuty a 23 sekund. Při výpočtu podle 22,5 provozních hodin za den vyplývá, že za den se na dané lince vyrobí 320 zadních dveří při využití čárových kódů a 328 při využití RFID.

V roce 2015 je 251 pracovních dní, díky ušetřenému času při identifikaci s RFID se tak za rok vyrobí o 2008 ks více. To znamená, že pokud by zisk z jedné dveře byl 20 €, investice do pořízení technologie RFID by byla splacena do jednoho roku od zřízení.

Všechny tyto výpočty jsou však relativní a na této lince můžeme ušetřený čas těžko považovat za hlavní výhodu technologie RFID. Ušetřené sekundy totiž může lidský faktor promrhat někde jinde (povídání si se spolupracovníkem, dodržování pitného režimu, aj.). Dokud tedy místo lidí

nemontují na zadní dveře komponenty roboti, budou tyto ušetřené sekundy jen teoretickou výhodou technologie RFID.

5.5 Srovnání použitých technologií na daném procesu dle metodiky

Tabulka 2: Srovnání použitých technologií na vybraném procesu dle výše uvedené metodiky

	1-3 s rostoucím číslem rostoucí váha	1-5 s rostoucím číslem rostoucí výhodnost	
Identifikovaný výrobek ve výrobním procesu	Váha parametru	Čárový kód	RFID
Počet míst identifikace	3	4	3
Přístup ke štítku / čipu	2	4	5
Potřeba ukládání dalších informací	3	5	5
Potřebná rychlost načítání	1	5	5
Robustnost systému	3	3	3
Zisk z výrobku vzhledem k nákladům na implementaci dané technologie	2	5	3
Prostředí a rizikové faktory:	Mezivýsledek bez riz. fakt.:	59	54
Vlhkost	1	0	0
Vysoká teplota	1	0	0
Kovové konstrukce	1	0	0
Chemické působení na štítek	1	0	0
Rušivé prvky RFID	1	0	0
Kompletní výsledek srovnání		59	54

Výše uvedená tabulka již obsahuje hodnoty škály výhodnosti u různých parametrů, které byly získány podrobnou analýzou systému.

- při výrobě pátých dveří je využíváno 5 míst identifikace
- přístup ke štítku je bezproblémový
- není potřeba ukládat další informace
- rychlost 1 ks/10s je dostačující
- jedná se o jistěný systém, takže výrobek může být při selhání RFID načten pomocí čárového kódu
- návratnost nákladů na implementaci technologie RFID je do 5 let
- v prostředí se nevyskytují žádné rizikové faktory pro dané technologie, jelikož se jedná o nejsložitější výrobu ve firmě, tudíž bude hodnota škály u všech rizikových faktorů 0

Z konečného výsledku vyplývá, že pro vybraný výrobní proces by se více hodilo využití čárových kódů a to především z důvodu nedostatečného počtu výhod vzhledem k nákladům na pořízení technologie RFID.

5.6 Zobecnění výsledků

Je velmi těžké obecně zhodnotit jaká technologie je lepší. Vždy je potřeba znát předběžnou analýzu toho, jak bude proces vypadat a jak je možné výhody dané identifikační technologie využít, případně jak nevýhody eliminovat. Jestliže bude potřeba identifikovat výrobek, kde bude štítek nedostupný, například bude zastaven dalšími plasty nebo bude pokryt barvou, bylo by nesmyslné se zde pokoušet využívat čárových kódů. Tento problém nastává i v Magna Bohemia Liberec při výrobě nárazníků, kde se čárové kódy mohou začít využívat až po projití lakovnou, jelikož by jinak mohly být pokryty částečně barvou (tzv. overspray) a čitelnost by klesnout na kritickou úroveň.

Pokud by se v daném systému vyskytovaly rizikové faktory pro využívání technologie RFID, bylo by zbytečné tuto technologii zavádět. Tyto faktory by totiž mohly způsobit, že některé tagy nebudou načteny a spolehlivost RFID by pak byla snížena. Proto je jednodušší o zavedení technologie RFID přemýšlet již při návrhu systému. Zavádění RFID do již fungujícího systému je velice složité, obzvláště když se jedná o výrobní linku, kde by během instalace musel být omezen provoz linky.

Když je cílem výběru správné technologie co nejrychlejší identifikace, aby se ušetřil čas a bylo tak možné vyrobit větší množství výrobků, je RFID ta správná volba. Je však potřeba si analyzovat, jestli se daný čas opravdu ušetří, nebo jestli například vlivem lidského faktoru bude ušetřený čas

minimální. Pokud je velký objem výroby a zrychlení identifikace bude znatelné, zisk z výrobků, které budou vyrobeny za ušetřený čas, brzy převáží náklady naložené na pořízení technologie RFID.

Navíc pokud je třeba ukládat další informace během výrobního procesu přímo do štítku, je jasné, že bude rozumnější vybrat si technologii RFID. Většina systémů však pracuje se štítkem, ve kterém je obsaženo pouze identifikační číslo, pod kterým se poté informace ukládají do databáze.

Osobně si myslím, že při tvorbě nového výrobního procesu, kdy bude objem výroby větších výrobků, například právě nárazníků, větší než 500ks/den a během procesu bude potřeba minimálně pětkrát identifikovat výrobek, je zcela na místě vybrat technologii RFID a podle toho také situovat daný systém. Pokud se však jedná o již fungující systém, kde se přemýšlí o zavedení této technologie, je potřeba být mnohem důkladnější v určování všech výhod a nevýhod. Jestliže totiž systém již bezproblémově funguje s čárovými kódy, velmi zřídka se vyplatí zavádět RFID.

Závěr

Význam identifikace výrobku výrazně stoupá procesem automatizace, robotizace a hlavně kvůli tomu, že jsou v praxi využívány tzv. JIT systémy, z anglického Just in Time, které by se daly popsat jako minimalizace zásob na skladě, kdy jsou výrobky vyráběny v daném množství a určitém čase právě podle potřeb zákazníka. Při využití těchto systémů výroby je na spolehlivou automatickou identifikaci kladen ještě větší důraz.

Teoretická část bude využita na internetovém studentském portálu elearning.tul.cz, kde bude přístupna studentům oboru Informatika a logistika pro případné prostudování a lepší pochopení problematiky automatické identifikace. V této části je čtenář seznámen s historií čárových kódů, s hlavními principy konstrukce čárových kódů a základními typy i s jejich vlastnostmi identifikace při jejich použití. Následně jsou zde charakterizovány vlastnosti identifikace pomocí RFID čipů, jejich typy a hlavní využití.

V praktické části jsem se zaměřil na danou problematiku v konkrétní firmě. Jelikož v Magna Bohemia Liberec se taky využívá systém výroby JIT, je automatická identifikace otázkou, na kterou bylo potřeba se zaměřit. Pozoroval jsem několik míst v Magně, kde je identifikace využíváno. Ať už se jednalo o lakovnu, kde se využívají kovové štítky s děrovým kódem, o výrobu a expedici nárazníků, kde je využíváno čárových kódů, nebo o kompletní proces výroby pátých dveří pro BMW, kde je využito RFID. Po řádném prostudování problematiky, zjištění proč není možné využívat některé typy identifikace v problémových částech výroby a informací, jak cenově náročné je pořízení různých systémů identifikace, byla vytvořena v souladu se zadáním metodika pro srovnání identifikačních metod (čárové kódy – RFID). Následně bylo provedeno konkrétní srovnání na vybraném procesu.

Na základě poznatků nabytých z provedeného srovnání byl učiněn pokus o zobecnění, které může posloužit pro základní orientaci při výběru identifikační technologie.

Použitá literatura

- [1] Český rozhlas. *Historie a budoucnost čárového kódu na potravinách* [online]. Dostupné také z: http://www.rozhlas.cz/kraje/pochoutky/_zprava/historie-a-budoucnost-caroveho-kodu-na-potravinach--1332964
- [2] GS1 Česká Republika. *Historie kódů u nás* [online]. Dostupné také z: <http://www.gs1cz.org/o-nas/o-gs1-czech-republic/historie-kodu-u-nas/>
- [3] ADRIANA BANADIKOVÁ, Š. M. S. W. *Čárové kódy - automatická identifikace*. Archon, 1994.
- [4] ADRIANA BENADIKOVÁ, Š. M. S. W. In: *Čárové kódy - automatická identifikace* [online]. [cit. 2015-Únor-18]. Dostupné z: <http://mujweb.cz/alef-cz/ck00/00.htm>
- [5] GS1 ČESKÁ REPUBLIKA. In: *GS1 Czech Republic* [online]. [cit. 2015-Únor-16]. Dostupné z: <http://www.gs1cz.org/download/publikace/publikace-linearni-carove-kody.pdf>
- [6] MCGREGOR, C. H. In: *International bar codes* [online]. [cit. 17-Únor-2015]. Dostupné z: <http://www.titasraha.com/index.php?id=barcodes>
- [7] [HTTP://WWW.BARCODEISLAND.COM/](http://WWW.BARCODEISLAND.COM/). In: *UPC-A SYMBOLOGY* [online]. [cit. 2015-Únor-17]. Dostupné z: <http://www.barcodeisland.com/ean13.phtml>
- [8] PETERNIKOLOW. Mobilio. In: *EAN-13 Code – Global Trading Barcode Standard* [online]. [cit. 2015-Únor-17]. Dostupné z: <http://www.mobiliodevelopment.com/ean-13-global-trade-standard/>
- [9] Národní knihovna České Republiky. *Mezinárodní registrační systémy* [online]. [cit. 2015-Únor-17]. Dostupné z: <http://www.nkp.cz/sluzby/sluzby-pro/isbn-ismn-issn/oma#ISBN>
- [10] WWW.CATHERINERYANHOWARD.COM. www.catherineryanhoward.com. In: *The ISBN Zone* [online]. [cit. 2015-Únor-17]. Dostupné z: <http://catherineryanhoward.com/2011/02/18/the-isbn-zone/>
- [11] WWW.DLSOFT.COM. dLSoft. In: *ISSN barcodes* [online]. [cit. 2015-Únor-17]. Dostupné z: https://www.dlsoft.com/barcode_types/ISSN_barcodes.htm
- [12] TALTECH. TALtech. In: *Codabar Barcodes* [online]. [cit. 2015-Únor-18]. Dostupné z: <http://www.taltech.com/barcodesoftware/symbologies/codabar>

- [13] WWW.BARCODEISLANDS.COM. In: *CODE 128 SYMBOLOGY* [online]. [cit. 2015-Únor-19]. Dostupné z: <http://www.barcodeisland.com/code128.phtml>
- [14] GS1 CZECH REPUBLIC. GS1 Czech Republic. In: *Data Matrix* [online]. [cit. 2015-Únor-28]. Dostupné z: <http://www.gs1cz.org/download/publikace/publikace-gs1-datamatrix.pdf>
- [15] Wikipedia. *Data Matrix* [online]. [cit. 2015-Únor-28]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Data_Matrix
- [16] Wikipedia. *QR Kód* [online]. [cit. 2015-Březen-01]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/QR_k%C3%B3d
- [17] Technologie. *Zapomeňte na škaredé černobílé kódy* [online]. [cit. 2015-Březen-01]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/zapomente-na-skarede-cernobile-qr-kody/sc-3-a-168530/default.aspx>
- [18] KATEDRA ODĚVNICTVÍ TUL. Katedra oděvnictví TUL. In: *Tiskárny a plottery* [online]. [cit. 2015-Březen-03]. Dostupné z: www.kod.tul.cz/info_predmety/Cak/prednasky/CAK-10-Tisk%C3%A1rna-Plotter.ppt
- [19] FAKULTA INFORMATIKY - MASARYKOVA UNIVERZITA. Fakulta informatiky - Masarykova Univerzita. In: *Typy tiskáren* [online]. [cit. 2015-Březen-03]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/TISK2.HTML>
- [20] Motorola. In: *Laserové skenování nebo digitální snímání?* [online]. [cit. 2015-Březen-10]. Dostupné z: http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/Bar%20Code%20Scanning/Bar%20Code%20Scanners/Fixed%20Mount%20Scanners/MiniScan%2012xx/_Documents/Static%20Files/Laser%20Scanning%20or%20Digital%20Imaging_WP_0507CZ.pdf
- [21] RFID-EPC. *Co je RFID?* [online]. [cit. 2015-Březen-10]. Dostupné z: <http://www.rfid-epc.cz/co-je-rfid/historie-rfid/>
- [22] L. V. Pandatron. *RFID - technologie pro internet věcí* [online]. [cit. 2015-Březen-11]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?733&rfid_-_technologie_pro_internet_veci
- [23] GS1 CZECH REPUBLIC. GS1 Czech Republic. In: *RFID a globální standard EPC* [online]. [cit. 2015-Březen-15]. Dostupné z: <http://www.gs1cz.org/download/publikace/publikace-epc-rfid.pdf>

- [24] BEFORE IT'S NEWS. Before It's News. In: *The Truth Behind the Obamacare RFID Implant Myth* [online]. [cit. 2015-Březen-17]. Dostupné z: <http://beforeitsnews.com/alternative/2014/07/the-truth-behind-the-obamacare-rfid-implant-myth-obamacare-version-2990630.html>
- [25] CETWIN SERVICE. Cetwin Service. In: *RFID Tags* [online]. [cit. 2015-Březen-17]. Dostupné z: <http://www.cetwinservice.com/products/rfid-tags.aspx>
- [26] MARTINA, S. *Základy RFID technologie*. [cit. 2015-Březen-17]. Dostupné z: http://rfid.vsb.cz/export/sites/rfid/cs/informace/RFID_pro_Logistickou_akademii.pdf
- [27] Magna. *Produkty* [online]. [cit. 2015-Březen-29]. Dostupné z: <http://www.magnabohemia.cz/technologie/produkty>
- [28] *RFID tiskárny střední třídy RZ400 a RZ600* [online]. [cit. 2015-Duben-17]. Dostupné z: http://www.kodys.cz/cs/images/content/products/tiskarny-etiket/tiskarny-rfid/rz400media_medium.jpg
- [29] *Datamax-O'neil E-Class Mark II Thermal Transfer Desktop Label Printer* [online]. [cit. 2015-Duben-17]. Dostupné z: <http://www.bciincorporated.com/sites/default/files/Datamax-O%27neil%20E-Class%20Mark%20II%20Desktop%20Label%20Printer.jpg?1298924977>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Převod kódu na elektrické impulsy. Zdroj: vlastní úprava.....	14
Obrázek 2: Základní charakteristika konstrukce jednorozměrného čárového kódu [4]	14
Obrázek 3: Kód 2/5 Industrial [4].....	15
Obrázek 4: Kód 2/5 Interleaved [4]	16
Obrázek 5: ITF-14 s neúplnou nosnou čárou [4]	16
Obrázek 6: Kód EAN 8 [5]	17
Obrázek 7: Kód UPC-E [6].....	17
Obrázek 8: Porovnání UPC-A a EAN-13 [7].....	18
Obrázek 9: Kód EAN 13 [5]	18
Obrázek 10: EAN 13+5 a EAN 13+2 [8].....	19
Obrázek 11: ISBN čárový kód [10]	19
Obrázek 12: ISSN čárový kód [11].....	20
Obrázek 13: Kód ABC-Codabar [12]	20
Obrázek 14: Příklad kódu Code 39. Zdroj: vlastní úprava	21
Obrázek 15: Příklad kódu Code 93. Zdroj: vlastní úprava	22
Obrázek 16: Příklad kódu Code 128 [13]	22
Obrázek 17: Kód DataMatrix obsahující informaci: <i>Technická univerzita v Liberci; Studentská 1402/2; 461 17 Liberec 1; Tel.: +420 48 535 1111</i> , Zdroj: vlastní úprava.....	24
Obrázek 18: Struktura QR kódu [16].....	25
Obrázek 19: QR kód obsahující informaci: <i>Technická univerzita v Liberci; Studentská 1402/2; 461 17 Liberec 1; Tel.: +420 48 535 1111</i> , Zdroj: vlastní úprava	25
Obrázek 20: Princip laserové tiskárny [19].....	27
Obrázek 21: Princip termotiskárny [4].....	28
Obrázek 22: Princip termotransferové tiskárny [4].....	28
Obrázek 23: Princip pasivního RFID [22]	32
Obrázek 24: Využití různých frekvencí RFID v praxi [22]	33
Obrázek 25: Struktura kódu EPC oproti GTIN 13.....	34
Obrázek 26: Struktura skleněného tagu [24].....	35
Obrázek 27: Příklady RFID tagů [25].....	36
Obrázek 28: Podíl výroby v Magna Bohemia s.r.o [27]	40
Obrázek 29: Tiskárna smart labelů Zebra RZ400 (vlevo) a termotiskárna čárových kódů Datamax (vpravo) [28] [29]	44
Obrázek 30: Zadní dveře elektromobilu BMW i3, Zdroj: vlastní úprava.....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1: Metodika srovnání použitých technologií.....	43
Tabulka 2: Srovnání použitých technologií na vybraném procesu dle výše uvedené metodiky	47

Seznam zkratk

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CCD	Charge-Coupled Device
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
DPM	Direct Part Making
EAN	European Article Number
EPC	Electronic Product Code
GRAI	Global Returnable Asset Identifier
GS1	Global Standard 1
GTIN	Global Trade Item Number
IFF	Identify Friend or Foe
ISBN	International Standard Book Numbering
ISMN	International Standard Music Numbering
ISSN	International Standard Serials Numbering
ITF	Interleaved Two of Five
JIT	Just In Time
LED	Light- Emitting Diode
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems
MICR	Magnetic Ink Character Recognition
OCR	Optical Character Recognition
ONS	Object Naming Service
RFID	Radio Frequency Identification
SSCC	Serial Shipping Container Code
UPC	Universal Product Code

Příloha A - Obsah přiloženého CD

- Text bakalářské práce
 - bakalarska_prace_2015_Adam_Rehorek.pdf
 - kopie_zadani_bakalarske_prace_2015_Adam_Rehorek.pdf
- tabulka – vyplněná tabulka metodiky srovnání technologie RFID a čárových kódů na vybraném výrobním procesu – Metodika.xlsx